

**DISEÑO DEL PLAN DE VALIDACIÓN DE LOS EQUIPOS PILOTO EN LA ZONA
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y ADECUACIÓN (CETA) DEL CENTRO DE
PROCESOS E INNOVACIÓN PARA LA INDUSTRIA SOSTENIBLE (CEPIIS) DE LA
FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA.**

**NATALIA SANABRIA ALBA
NICOLÁS RAMÍREZ RIVERA**

**Proyecto integral de grado para optar al título de:
INGENIERO QUÍMICO**

Director:

JUAN CAMILO CELY GARZÓN

Ingeniero Químico

Codirector:

IVÁN RAMÍREZ MARÍN

Ingeniero Químico

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA INGENIERÍA QUÍMICA**

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director

Firma del presidente jurado

**Nombre
Firma del Jurado**

**Nombre
Firma del Jurado**

Bogotá, marzo de 2023

DIRECTIVOS UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General

Dr. JOSE LUIS MACIAS RODRIGUEZ

Decano Facultad de Ingenierías

Dra. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Director(a) de Ingeniería Química

Ing. NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia, al gran apoyo que he recibido a lo largo de los años en cada paso que doy y cada decisión que he tomado. Muy especialmente a Rocío y Cristóbal, mis padres que sé van a estar más felices que yo con el cumplimiento de esta meta. A la persona que ha hecho que la vida se torne color rosa desde que camino a su lado, Andrés Felipe Cepeda, toda mi admiración y amor y a María Camila y Juan Esteban, mis hermanos, que espero puedan encontrar algo de inspiración y magia con este paso que es de todos.

A Helena, por el gran honor de ser para ti.

Natalia Sanabria Alba

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de América y a los ingenieros docentes encargados del proyecto CEPIIS, director Iván Ramírez, Ing. Juan Camilo Cely e Ing. Luis Figueroa por darme la gran oportunidad de hacer parte de este equipo. Cada paso que dimos en pro de avanzar en la construcción de la planta piloto de la Universidad fue siempre bajo los principios de respeto, responsabilidad social y compromiso ético y profesional con nuestra institución y la comunidad en general que será beneficiada con el progreso de la planta.

Agradezco a mi compañero de tesis Nicolás Ramírez por la disposición y la cordialidad con la que llevó a cabo este proceso siempre en equipo, y a mis compañeros graduados y por graduar que han dejado su esfuerzo como huella indeleble en la planta de procesos.

Al cuerpo docente que me aportó desde su experticia sus conocimientos a lo largo de la carrera, en especial al docente Cesar Augusto Sánchez Correa y a la docente Adriana Inés Páez que influyeron en gran medida en mi pensamiento y gusto por la Ingeniería química y la microbiología.

Natalia Sanabria A.

Quiero agradecer a mi familia por acompañarme en este proceso, por apoyarme y siempre estar cuando los necesito, a mis padres Claudia y Henry que hicieron todo lo posible por brindarme los mejores valores, darme la motivación para alcanzar mis metas; a mi pareja Laura que siempre fue la persona más incondicional, siempre tendrá mi admiración y apoyo a lo largo de nuestras vidas. Gracias a los profesores de la institución que me enseñaron el orgullo y la importancia de ser un ingeniero químico. Por último gracias a mi compañera Natalia por su disposición y apoyo en este trabajo.

Nicolas Ramírez R.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	33
INTRODUCCIÓN	34
OBJETIVOS	36
1. CENTRO DE PROCESOS E INNOVACION PARA LA INDUSTRIA SOSTENIBLE (CEPIIS)	37
1.1. Visión del proyecto	37
1.2. Organización de las zonas del CEPIIS	38
1.3. Etapas de desarrollo	38
1.4. Ubicación del CEPIIS	39
1.5. Estado actual	40
1.6. Zona CETA	40
2. MARCO REFERENCIAL	41
2.1. Planta piloto	41
2.2. Puesta en marcha de unidades de proceso	41
2.3. Validación de unidades de proceso	42
2.3.1. <i>Etapa 1 (Diseño del proceso)</i>	42
2.3.2. <i>Etapa 2 (Calificación del proceso)</i>	43
2.3.3. <i>Etapa 3 (Verificación continua del proceso)</i>	43
2.4. Seguridad en equipos de procesos	43
2.4.1. <i>Resguardo de seguridad</i>	43
2.4.2. <i>Uso de equipos de protección individual (EPIS)</i>	44
2.4.3. <i>Organización y procedimientos de trabajo</i>	44
2.4.4. <i>Formación</i>	44
2.4.5. <i>Inspección de equipos de trabajo</i>	44
2.5. Descripción de las unidades en el CETA	45
2.5.1. <i>Bombas</i>	45
2.5.2. <i>Intercambiadores de Calor</i>	47
2.5.3. <i>Rotámetros</i>	50
2.5.4. <i>Reactores</i>	51

2.5.5. <i>Evaporadores</i>	54
2.5.6. <i>Banco de Reactores del CEPIIS de la Universidad de América</i>	60
2.5.7. <i>Tren de evaporadores del CEPIIS de la Universidad de América.</i>	117
3. REQUISITOS DE SEGURIDAD Y OPERACIÓN DE EQUIPOS CON POTENCIAL APLICACIÓN AL CETA	171
3.1. Referentes conceptuales y metodológicos	171
3.2. Seguridad industrial orientada a plantas de procesos	172
3.2.1. <i>Condiciones generales de seguridad en la industria</i>	172
3.2.2. <i>Condiciones generales de seguridad en la zona CETA</i>	179
3.2.3. <i>Recomendaciones de la zona</i>	182
3.2.4. <i>Recomendaciones de orden personal para operadores en la zona CETA</i>	183
3.2.5. <i>Elementos de Protección Personal</i>	184
3.2.6. <i>Seguridad eléctrica en la zona CETA</i>	185
3.2.7. <i>Manejo de residuos en el CETA</i>	186
3.3. Unidades con potencial aplicación al CETA	187
3.3.1. <i>Universidad Nacional de Colombia</i>	187
3.3.2. <i>Universidad de los Andes</i>	192
3.4. Estado operativo de las unidades	196
3.4.1. <i>Estado operativo del banco de reactores</i>	196
3.4.2. <i>Estado operativo del tren de evaporadores</i>	199
3.5. Aspectos asociados a la calidad de los materiales usados en el equipo	202
3.5.1. <i>Acero inoxidable 304</i>	202
3.5.2. <i>Teflón PTFE</i>	203
3.5.3. <i>Caucho EPDM</i>	203
3.5.4. <i>Sustancias químicas compatibles</i>	204
4. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERATIVO DE LAS UNIDADES DEL CETA	212
4.1. Bitácora de traslado e instalación de los equipos	212
4.1.1. <i>Banco de reactores</i>	214
4.1.2. <i>Tren de evaporadores</i>	218
4.1.3. <i>El recorrido de los equipos dentro del campus</i>	223
4.2. Manuales de operación de las unidades	233

4.2.1.	<i>Manual de operación del banco de reactores por el proveedor PSE</i>	233
4.2.2.	<i>Manual de operación del tren de evaporadores por el proveedor PSE</i>	253
4.3.	Diagnóstico estructural de los equipos	296
4.3.1.	<i>Banco de reactores</i>	296
4.3.2.	<i>Tren de evaporadores</i>	421
4.3.3.	<i>Carta Reporte de Daños</i>	461
5.	VERIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN MEDIANTE UNA SIMULACIÓN A NIVEL DE INGENIERIA CONCEPTUAL	463
5.1.	Variables para considerar en puesta en marcha y operación de las unidades	463
5.1.1.	<i>Banco de Reactores</i>	465
5.1.2.	<i>Tren de Evaporadores</i>	470
5.2.	Simulación de los procesos	472
5.2.1.	<i>Banco de Reactores</i>	473
5.2.2.	<i>Tren de Evaporadores</i>	518
6.	LINEAMIENTOS Y PROTOCOLOS PARA LA PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN DEL CETA	534
6.1.	Aspectos de seguridad industrial: HAZOP y WHAT IF	534
6.1.1.	<i>WHAT IF Zona CETA – Banco de reactores</i>	535
6.1.2.	<i>WHAT IF Zona CETA – Tren de evaporadores</i>	536
6.1.3.	<i>HAZOP Zona CETA – Tren de Evaporadores</i>	536
6.1.4.	<i>HAZOP Zona CETA – Banco de reactores</i>	536
6.2.	Herramienta Excel para verificaciones CHECK LIST	537
6.2.1.	<i>Ejemplo práctico del funcionamiento de las herramientas de Excel</i>	538
6.2.2.	<i>Check List requerimientos de seguridad del CETA</i>	542
6.2.3.	<i>Check List requisitos operativos del banco de reactores</i>	545
6.2.4.	<i>Check List requisitos operativos del tren de evaporadores</i>	547
6.2.5.	<i>Check List diagnóstico estructural del banco de reactores</i>	549
6.2.6.	<i>Check List diagnóstico estructural del tren de evaporadores</i>	554
6.2.7.	<i>Check List variables operativas en el banco de reactores</i>	559
6.2.8.	<i>Variables operativas en el tren de evaporadores</i>	561
6.3.	Protocolo de operación de las unidades	563
6.3.1.	<i>Banco de reactores</i>	563

6.3.2. <i>Tren de evaporadores</i>	570
6.4. Congreso internacional de investigación e innovación ambiental CNIIA-2022	577
7. CONCLUSIONES	579
BIBLIOGRAFÍA	581
ANEXOS	589

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Toma aérea de la ubicación de la planta CEPIIS.	39
Figura 2. Clasificación de bombas según el tipo.	46
Figura 3. Ejemplos de bombas de desplazamiento positivo Oscilantes y Rotatorias.	47
Figura 4. Intercambiador de calor de coraza y tubos.	48
Figura 5. Diferencias entre un intercambiador de calor de coraza y tubos (un paso por la coraza y un paso por los tubos/ dos pasos por la coraza y cuatro pasos por los tubos).	49
Figura 6. Evaporador de circulación forzada.	50
Figura 7. Rotámetro.	51
Figura 8. Reactor CSTR con intercambiador de calor.	52
Figura 9. Reactor PFR con intercambiador de calor.	53
Figura 10. Reactor PBR con intercambiador de calor.	54
Figura 11. Evaporador de calandria.	56
Figura 12. Evaporador con chaqueta térmica.	57
Figura 13. Evaporador de tubos horizontales.	58
Figura 14. Evaporador de circulación forzada.	59
Figura 15. Foto del banco de reactores del CETA del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) de la Fundación Universidad de América (FUA).	60
Figura 16. Diagrama de flujo del proceso en el banco de reactores del CETA del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) de la Fundación Universidad de América (FUA).	62
Figura 17. Foto de los reactores CSTR del banco de reactores.	64
Figura 18. Foto de los reactores PFR y PBR del banco de reactores.	70
Figura 19. Foto del tanque de almacenamiento del sistema de alimentación de reactivos del banco de reactores.	83
Figura 20. Foto de la bomba dosificadora en la zona de alimentación de reactivos del banco de reactores.	86
Figura 21. Foto del intercambiador de calor en zona de alimentación de reactivos del banco de reactores.	89
Figura 22. Foto del rotámetro en zona de alimentación de reactivos del banco de reactores.	92

Figura 23. Foto del mezclador estático en zona de alimentación de reactivos del banco de reactores.	95
Figura 24. Foto del divisor de corriente en zona de alimentación de reactivos del banco de reactores.	97
Figura 25. Foto del intercambiador de calor del sistema de enfriamiento de producto del banco de reactores.	101
Figura 26. Foto del tanque de almacenamiento del sistema de enfriamiento de producto del banco de reactores.	103
Figura 27. Foto del tanque de almacenamiento del sistema de calentamiento del banco de reactores.	107
Figura 28. Aceite térmico THERMOIL Z-100 ISO 32 de la compañía Lubricantes BEG.	111
Figura 29. Foto de la bomba centrífuga del sistema de calentamiento del banco de reactores.	112
Figura 30. Esquema simplificado del tablero de control del banco de reactores.	114
Figura 31. Dimensiones simplificadas del tablero de control del banco de reactores.	115
Figura 32. Foto de la estructura del banco de reactores.	116
Figura 33. Foto del tren de evaporadores del CETA del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) de la Fundación Universidad de América (FUA).	117
Figura 34. Diagrama de flujo del proceso en el tren de evaporadores del CETA del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) de la Fundación Universidad de América (FUA).	119
Figura 35. Foto del evaporador calandria del tren de evaporadores.	120
Figura 36. Foto del evaporador de tubos horizontales del tren de evaporadores.	123
Figura 37. Foto del evaporador de chaqueta del tren de evaporadores.	126
Figura 38. Foto del intercambiador para evaporación con circulación forzada del tren de evaporadores.	129
Figura 39. Foto de los ciclones del tren de evaporadores.	131
Figura 40. Foto de la bomba de vacío del tren de evaporadores.	133
Figura 41. Foto del tanque de almacenamiento del sistema de alimentación del tren de evaporadores.	136
Figura 42. Foto de la bomba centrífuga del sistema de alimentación del tren de evaporadores.	139

Figura 43. Foto del rotámetro del sistema de alimentación del tren de evaporadores.	141
Figura 44. Foto del divisor de corriente del sistema de alimentación del tren de evaporadores.	142
Figura 45. Foto del tanque del sistema de almacenamiento de producto líquido del tren de evaporadores.	145
Figura 46. Foto de las bombas dosificadoras del sistema de almacenamiento de producto líquido del tren de evaporadores.	147
Figura 47. Foto de los rotámetros del sistema de almacenamiento del producto de líquido del tren de evaporadores.	151
Figura 48. Foto de los divisores de corriente del sistema de almacenamiento de producto líquido del tren de evaporadores.	153
Figura 49. Foto del intercambiador de calor del tren de evaporadores.	156
Figura 50. Foto del tanque del sistema de almacenamiento del producto gaseoso del tren de evaporadores.	158
Figura 51. Foto de la línea de vacío del sistema de almacenamiento de producto gaseoso del tren de evaporadores.	161
Figura 52. Foto de los tanques del sistema de almacenamiento de condensados del tren de evaporadores.	163
Figura 53. Esquema simplificado del tablero de control del tren de evaporadores.	168
Figura 54. Dimensiones simplificadas del tablero de control del tren de evaporadores.	169
Figura 55. Foto de la estructura del tren de evaporadores.	170
Figura 56. Reglamento de higiene y seguridad industrial Universidad de América.	179
Figura 57. Flujo grama del manejo de residuos en el CETA.	186
Figura 58. Instalaciones de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.	187
Figura 59. Ficha de seguridad de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.	188
Figura 60. Unidades de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.	189
Figura 61. DOFA fortalezas y oportunidades de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia.	190

Figura 62. DOFA debilidades y amenazas de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia.	191
Figura 63. Rotulación, especificaciones de seguridad y delimitación de equipos de los laboratorios del departamento de ingeniería química y de alimentos de la universidad de los Andes, Bogotá Colombia.	192
Figura 64. Almacenamiento de residuos químicos, matriz de compatibilidad de sustancias químicas y señalización de zonas de los laboratorios del departamento de ingeniería química y de alimentos de la universidad de los Andes, Bogotá Colombia.	193
Figura 65. DOFA fortalezas y oportunidades de los laboratorios de la Universidad de los Andes.	194
Figura 66. DOFA debilidades y amenazas de los laboratorios de la Universidad de los Andes.	195
Figura 67. Foto satelital del campus Universidad de América, zonas de cargue y descargue de equipos para el traslado a la planta piloto CEPIIS.	213
Figura 68. Diseño del Banco de reactores armado en la bodega del proveedor del equipo PS&E.	214
Figura 69. Detalles del alistamiento y embalaje del Banco de Reactores para verificación física de válvulas y tanque reactivo en zona de aparcamiento previo a montaje en grúa.	215
Figura 70. Montaje del Banco de Reactores en la grúa en el montacargas, detalle de ruedas y base metálica.	216
Figura 71. Banco de reactores sobre la grúa para transporte hacia Bienestar Universitario, protegido con vinipel y plástico negro sujetado con arnés.	217
Figura 72. Tren de evaporadores armado en la bodega del proveedor de equipos PS&E.	218
Figura 73. Grúa y montacargas utilizada en el procedimiento de traslado de equipos del CEPIIS por la empresa TRANSGRÚAS DE COLOMBIA en el parqueadero de estudiantes (lugar de recepción de equipos).	219
Figura 74. Evaporadores e intercambiadores de calor Individuales en vinipel guardados en campamento 1 sobre el parqueadero de estudiantes (lugar de recepción de equipos), acomodados para montar en grúa por la empresa TRANSGRÚAS DE COLOMBIA.	219

Figura 75. Evaporadores e intercambiadores de calor dispuestos sobre la grúa, separados por cartones, transportados simultáneamente con otros equipos por la empresa TRANSGRÚAS DE COLOMBIA.	220
Figura 76. Traslado de evaporadores desde parqueadero estudiantes (Recibo de equipos) hasta Zona de aparcamiento equipos frente a la construcción de la planta (Bienestar Universitario) por la empresa TRANSGRÚAS DE COLOMBIA.	221
Figura 77. Estado de la vía dentro del campus universitario (bienestar universitario) recorrido por la grúa de TRANSGRÚAS DE COLOMBIA para ingresar y hacer el traslado de equipos hacia la planta en construcción del CEPIIS.	222
Figura 78. Zona de aparcamiento de equipos junto a la construcción de la planta piloto CEPIIS Bienestar Universitario.	223
Figura 79. Mapa del campus Universidad de América, ruta del primer desplazamiento de equipos dentro de la Universidad.	224
Figura 80. Desalojo de campamento de equipos en el parqueadero de estudiantes, después del montaje en grúa de la totalidad de los equipos.	225
Figura 81. Ultima salida de la grúa del parqueadero de estudiantes con la totalidad de equipos hacia la entrada al eco campus ubicada en la Av. circunvalar.	225
Figura 82. Mapa del campus Universidad de América, ruta del segundo desplazamiento de equipos dentro de la Universidad.	226
Figura 83. Movimiento de equipos desde la entrada al eco campus ubicada en la Av. Circunvalar hasta el aparcamiento de equipos en bienestar Universitario junto a la construcción de la planta CEPIIS.	227
Figura 84. Aparcamiento y cubrimiento de equipos en bienestar Universitario junto a la construcción de la planta CEPIIS.	228
Figura 85. Mapa del campus Universidad de América, ruta del tercer desplazamiento de equipos dentro de la Universidad.	228
Figura 86. Construcción del CEPIIS a la mitad de bienestar Universitario junto a la construcción de la planta CEPIIS.	229
Figura 87. Equipos en grúa desde el campamento en bienestar universitario a la edificación de la planta CEPIIS.	230
Figura 88. Equipos dentro de la edificación de la planta CEPIIS.	231

Figura 89. Imágenes planta piloto CEPIIS. En construcción aún sin equipos vs render propuesta final.	232
Figura 90. Equipos dentro de la edificación de la planta CEPIIS y estado actual de la obra con techo y piso.	232
Figura 91. Esquema de la operación en el banco de reactores.	233
Figura 92. Portada del manual de operaciones del banco de reactores, proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE) S.A.S.	234
Figura 93. Esquema de operación de los reactores CSTR en el banco de reactores.	236
Figura 94. Esquema de operación de los reactores PFR en el banco de reactores.	237
Figura 95. Esquema de operación de los reactores PBR en el banco de reactores.	238
Figura 96. Pestaña de preparación del aceite térmico en el tablero de control.	240
Figura 97. Pestaña de preparación de los reactivos.	243
Figura 98. Inicio página del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible.	249
Figura 99. Sección de “manuales” del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible.	249
Figura 100. Sección de “manuales del CETA” del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible.	250
Figura 101. Sección de “manuales del banco de reactores” del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible.	250
Figura 102. Sección de “conoce el equipo” del banco de reactores del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible.	251
Figura 103. Esquema de la operación en el tren de evaporadores.	253
Figura 104. Portada del manual de operaciones del tren de evaporadores, proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE) S.A.S.	254
Figura 105. Esquema de operación simple efecto en el tren de evaporadores.	256
Figura 106. Esquema de operación con recirculación forzada en el tren de evaporadores.	257
Figura 107. Esquema de operación doble efecto en paralelo en el tren de evaporadores.	258
Figura 108. Esquema de operación doble efecto en contracorriente en el tren de evaporadores.	259
Figura 109. Esquema de operación triple efecto en paralelo en el tren de evaporadores.	260

Figura 110. Esquema de operación triple efecto en contracorriente en el tren de evaporadores.	261
Figura 111. Esquema de operación triple efecto con alimentación mixta en el tren de evaporadores.	262
Figura 112. Esquema de botones en las bombas dosificadoras.	294
Figura 113. Representación de los reactores CSTR también llamados de tanque agitado del banco de reactores en diagrama PFD adaptado de PS&E, Banco de reactores del CEPIIS.	298
Figura 114. Foto del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores.	299
Figura 115. Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-101) – Parte 1.	300
Figura 116. Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-101) – Parte 2.	301
Figura 117. Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-101) – Parte 1.	302
Figura 118. Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-101) – Parte 2.	303
Figura 119. Foto del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores – Parte 1.	304
Figura 120. Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores – Parte 1.	305
Figura 121. Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores – Parte 2.	306
Figura 122. Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-102).	307
Figura 123. Foto del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.	308
Figura 124. Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores – Parte 1.	309
Figura 125. Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores – Parte 2.	310
Figura 126. Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-103) – Parte 1.	311
Figura 127. Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-103) – Parte 2.	312
Figura 128. Foto del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.	313
Figura 129. Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores – Parte 1.	314
Figura 130. Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores – Parte 2.	315
Figura 131. Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-104) – Parte 1.	316
Figura 132. Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-104) – Parte 2.	317
Figura 133. Representación de los reactores PFR y PBR del banco de reactores en diagrama PFD adaptado de PS&E, Banco de reactores del CEPIIS.	318
Figura 134. Foto del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.	319
Figura 135. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-105) – Parte 1.	320
Figura 136. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-105) – Parte 2.	321

Figura 137. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-105) – Parte 3.	322
Figura 138. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-105) – Parte 1.	323
Figura 139. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-105) – Parte 2.	324
Figura 140. Foto del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.	325
Figura 141. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-106) – Parte 1.	326
Figura 142. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-106) – Parte 2.	327
Figura 143. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-106) – Parte 3.	328
Figura 144. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-106) – Parte 1.	329
Figura 145. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-106) – Parte 2.	330
Figura 146. Foto del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.	331
Figura 147. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-107) – Parte 1.	332
Figura 148. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-107) – Parte 2.	333
Figura 149. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-107) – Parte 3.	334
Figura 150. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-107) – Parte 1.	335
Figura 151. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-107) – Parte 2.	336
Figura 152. Foto del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.	337
Figura 153. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-108) – Parte 1.	338
Figura 154. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-108) – Parte 2.	339
Figura 155. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-108) – Parte 3.	340
Figura 156. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-108) – Parte 1.	341
Figura 157. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-108) – Parte 2.	342
Figura 158. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-108) – Parte 3.	343
Figura 159. Foto del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.	344
Figura 160. Tabla de las válvulas en el reactor PBR (R-109) – Parte 1.	345
Figura 161. Tabla de las válvulas en el reactor PBR (R-109) – Parte 2.	346
Figura 162. Tabla de los sensores en el reactor PBR (R-109) – Parte 1.	347
Figura 163. Tabla de los sensores en el reactor PBR (R-109) – Parte 2.	348
Figura 164. Foto del tanque de almacenamiento (TK-101) del banco de reactores.	349
Figura 165. Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-101) – Parte 1.	350
Figura 166. Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-101) – Parte 2.	351
Figura 167. Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-101) – Parte 1.	352

Figura 168. Foto del tanque de almacenamiento (TK-102) del banco de reactores.	353
Figura 169. Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-102) – Parte 1.	354
Figura 170. Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-102) – Parte 2.	355
Figura 171. Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-102) – Parte 1.	356
Figura 172. Foto del tanque de almacenamiento (TK-103) del banco de reactores.	357
Figura 173. Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-103) – Parte 1.	358
Figura 174. Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-103) – Parte 1.	359
Figura 175. Foto del tanque de almacenamiento (TK-104) del banco de reactores.	360
Figura 176. Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-104) – Parte 1.	361
Figura 177. Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-104) – Parte 1.	362
Figura 178. Foto del tanque de almacenamiento (TK-105) del banco de reactores.	363
Figura 179. Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-105) – Parte 1.	364
Figura 180. Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-105) – Parte 1.	365
Figura 181. Foto del tanque de almacenamiento (TK-106) del banco de reactores.	366
Figura 182. Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-106) – Parte 1.	367
Figura 183. Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-106) – Parte 1.	368
Figura 184. Foto de la bomba dosificadora (P-101) del banco de reactores.	369
Figura 185. Tabla de las válvulas en la bomba dosificadora (P-101) – Parte 1.	370
Figura 186. Tabla de los sensores en la bomba dosificadora (P-101) – Parte 1.	371
Figura 187. Foto de la bomba dosificadora (P-102) del banco de reactores.	372
Figura 188. Tabla de las válvulas en la bomba dosificadora (P-102) – Parte 1.	373
Figura 189. Tabla de las válvulas en la bomba dosificadora (P-102) – Parte 2.	374
Figura 190. Tabla de los sensores en la bomba dosificadora (P-102) – Parte 1.	375
Figura 191. Foto de la bomba centrífuga (P-103) del banco de reactores.	376
Figura 192. Tabla de las válvulas en la bomba centrífuga (P-103) – Parte 1.	377
Figura 193. Foto de la bomba centrífuga (P-104) del banco de reactores.	378
Figura 194. Tabla de las válvulas en la bomba centrífuga (P-104) – Parte 2.	379
Figura 195. Foto del intercambiador de calor (E-101) del banco de reactores.	380
Figura 196. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-101) – Parte 1.	381
Figura 197. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-101) – Parte 2.	382
Figura 198. Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-101) – Parte 1.	383

Figura 199. Foto del intercambiador de calor (E-102) del banco de reactores.	384
Figura 200. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-102) – Parte 1.	385
Figura 201. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-102) – Parte 2.	386
Figura 202. Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-102) – Parte 1.	387
Figura 203. Foto del intercambiador de calor (E-103) del banco de reactores.	388
Figura 204. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-103) – Parte 1.	389
Figura 205. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-103) – Parte 2.	390
Figura 206. Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-103) – Parte 1.	391
Figura 207. Foto del intercambiador de calor (E-104) del banco de reactores.	392
Figura 208. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-104) – Parte 1.	393
Figura 209. Foto del divisor de corriente (S-101) del banco de reactores.	394
Figura 210. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-101) – Parte 1.	395
Figura 211. Foto del divisor de corriente (S-102) del banco de reactores.	396
Figura 212. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-102) – Parte 1.	397
Figura 213. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-102) – Parte 2.	398
Figura 214. Foto del divisor de corriente (S-103) del banco de reactores.	399
Figura 215. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-103) – Parte 1.	400
Figura 216. Foto del divisor de corriente (S-104) del banco de reactores.	401
Figura 217. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-104) – Parte 1.	402
Figura 218. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-104) – Parte 1.	403
Figura 219. Foto del mezclador estático (M-101) del banco de reactores.	404
Figura 220. Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-101) – Parte 1.	405
Figura 221. Foto del mezclador estático (M-102) del banco de reactores.	406
Figura 222. Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-102) – Parte 1.	407
Figura 223. Foto del mezclador estático (M-103) del banco de reactores.	408
Figura 224. Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-103) – Parte 1.	409
Figura 225. Foto del rotámetro (RO-101) del banco de reactores.	410
Figura 226. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-101) – Parte 1.	411
Figura 227. Foto del rotámetro (RO-102) del banco de reactores.	412
Figura 228. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-102) – Parte 1.	413
Figura 229. Foto del rotámetro (RO-103) del banco de reactores.	414

Figura 230. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-103) – Parte 1.	415
Figura 231. Foto del rotámetro (RO-104) del banco de reactores.	416
Figura 232. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-104) – Parte 1.	417
Figura 233. Foto del tablero de control del banco de reactores.	418
Figura 234. Foto del tablero de control por dentro del banco de reactores.	419
Figura 235. Foto del daño en el botón de encendido del tablero de control del banco de reactores.	419
Figura 236. Foto la estructura del banco de reactores.	420
Figura 237. Foto del evaporador de tubos verticales (E-101) del tren de evaporadores.	422
Figura 238. Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos verticales (E-101) – Parte 1.	423
Figura 239. Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos verticales (E-101) – Parte 2.	424
Figura 240. Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos verticales (E-101) – Parte 3.	425
Figura 241. Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos verticales (E-101) – Parte 4.	426
Figura 242. Tabla de los sensores en el evaporador de tubos verticales (E-101) – Parte 1.	427
Figura 243. Foto del evaporador de tubos horizontales (E-102) del tren de evaporadores.	428
Figura 244. Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos horizontales (E-102) – Parte 1.	429
Figura 245. Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos horizontales (E-102) – Parte 2.	430
Figura 246. Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos horizontales (E-102) – Parte 3.	431
Figura 247. Tabla de los sensores en el evaporador de tubos horizontales (E-102) – Parte 1.	432
Figura 248. Foto del evaporador de chaqueta (E-103) del tren de evaporadores.	433
Figura 249. Tabla de las válvulas en el evaporador de chaqueta (E-103) – Parte 1.	434
Figura 250. Tabla de las válvulas en el evaporador de chaqueta (E-103) – Parte 2.	435
Figura 251. Tabla de las válvulas en el evaporador de chaqueta (E-103) – Parte 3.	436
Figura 252. Tabla de los sensores en el evaporador de chaqueta (E-103) – Parte 3.	437
Figura 253. Foto de la oxidación en la zona inferior del evaporador de chaqueta (E-103).	438
Figura 254. Foto de la oxidación en la zona inferior del evaporador de tubos verticales (calandria) (E-101).	439
Figura 255. Foto del ciclón (CY-101) del tren de evaporadores.	439
Figura 256. Foto del ciclón (CY-102) del tren de evaporadores.	440
Figura 257. Foto del ciclón (CY-103) del tren de evaporadores.	440
Figura 258. Foto del intercambiador de calor (E-104) del tren de evaporadores.	441

Figura 259. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-104) – Parte 1.	442
Figura 260. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-104) – Parte 2.	443
Figura 261. Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-104) – Parte 1.	444
Figura 262. Foto del intercambiador de calor (E-105) del tren de evaporadores.	445
Figura 263. Foto del tanque de almacenamiento (TK-101) del tren de evaporadores.	446
Figura 264. Foto del tanque de almacenamiento (TK-102) del tren de evaporadores.	446
Figura 265. Foto del tanque de almacenamiento (TK-103) del tren de evaporadores.	447
Figura 266. Foto del tanque de almacenamiento (TK-104) del tren de evaporadores.	447
Figura 267. Foto del tanque de almacenamiento (TK-105) del tren de evaporadores.	448
Figura 268. Foto del tanque de almacenamiento (TK-106) del tren de evaporadores.	448
Figura 269. Foto del tanque de almacenamiento (TK-107) del tren de evaporadores.	449
Figura 270. Foto de la bomba dosificadora (P-102) del tren de evaporadores.	450
Figura 271. Foto de la bomba dosificadora (P-103) del tren de evaporadores.	450
Figura 272. Foto de la bomba dosificadora (P-104) del tren de evaporadores.	451
Figura 273. Foto de la bomba centrífuga (P-101) del tren de evaporadores.	451
Figura 274. Foto de la bomba de vacío (P-105) del tren de evaporadores.	452
Figura 275. Foto del divisor de corriente (S-101) del tren de evaporadores.	453
Figura 276. Foto del divisor de corriente (S-102) del tren de evaporadores.	453
Figura 277. Foto del divisor de corriente (S-103) del tren de evaporadores.	454
Figura 278. Foto del divisor de corriente (S-104) del tren de evaporadores.	454
Figura 279. Foto del rotámetro (RO-101) del tren de evaporadores.	455
Figura 280. Foto del rotámetro (RO-102) del tren de evaporadores.	456
Figura 281. Foto del rotámetro (RO-103) del tren de evaporadores.	456
Figura 282. Foto del rotámetro (RO-104) del tren de evaporadores.	457
Figura 283. Foto del tablero de control del tren de evaporadores.	458
Figura 284. Foto del tablero de control por dentro del tren de evaporadores.	458
Figura 285. Foto la estructura del tren de evaporadores.	459
Figura 286. Foto daño en la estructura del tren de evaporadores.	460
Figura 287. Captura de la carta enviada a los ingenieros encargados de la planta del CEPIIS.	462
Figura 288. Variables de manipulación y respuesta para cada equipo en el banco de reactores (Parte 1).	465

Figura 289. Variables de manipulación y respuesta para cada equipo en el banco de reactores (Parte 2).	466
Figura 290. Variables de manipulación y respuesta para cada equipo en el banco de reactores (Parte 3).	467
Figura 291. Variables de manipulación y respuesta para cada equipo en el banco de reactores (Parte 4).	468
Figura 292. Variables de manipulación y respuesta para cada equipo en el banco de reactores (Parte 5).	469
Figura 293. Variables de manipulación y respuesta para cada equipo en el tren de evaporadores (Parte 1).	470
Figura 294. Variables de manipulación y respuesta para cada equipo en el tren de evaporadores (Parte 2).	471
Figura 295. Variables de manipulación y respuesta para cada equipo en el tren de evaporadores (Parte 3).	472
Figura 296. Esquema del comienzo del proceso, preparación del reactivo 1.	473
Figura 297. Esquema del comienzo del proceso, preparación del reactivo 2.	474
Figura 298. Esquema de la operación en los reactores CSTR.	475
Figura 299. Esquema del producto de los reactores CSTR.	476
Figura 300. Esquema del comienzo del proceso, preparación del reactivo 1.	477
Figura 301. Esquema del comienzo del proceso, preparación del reactivo 2.	478
Figura 302. Esquema de la operación en los reactores PFR y PBR.	479
Figura 303. Esquema del producto de los reactores PFR y PBR.	480
Figura 304. Reacción de saponificación de acetato de etilo.	481
Figura 305. Indicaciones de seguridad para las sustancias involucradas en el proceso.	482
Figura 306. Sustancias involucradas en la simulación en Aspen Plus para el banco de reactores.	489
Figura 307. Coeficientes estequiométricos y ordenes de la reacción en Aspen Plus para el banco de reactores.	489
Figura 308. Parámetros cinéticos de la reacción en Aspen Plus para el banco de reactores.	490
Figura 309. Corrientes de alimentación al banco de reactores en el simulador Aspen Plus.	491
Figura 310. Simulación sistema de alimentación de reactivos operación adiabática.	492

Figura 311. Simulación reactores CSTR operación adiabática.	493
Figura 312. Simulación reactores PFR y PBR operación adiabática.	494
Figura 313. Simulación sistema de enfriamiento de producto.	495
Figura 314. Simulación sistema de calentamiento operación isotérmica.	495
Figura 315. Simulación sistema de alimentación de reactivos operación isotérmica.	496
Figura 316. Simulación reactores CSTR operación isotérmica.	497
Figura 317. Simulación reactores PFR y PBR operación isotérmica.	498
Figura 318. Gráfica conversión vs temperatura (Reactor CSTR).	500
Figura 319. Gráfica conversión vs temperatura (Reactor PFR).	500
Figura 320. Gráfica conversión vs temperatura (Reactor PBR).	501
Figura 321. Reacción de esterificación del ácido acético.	504
Figura 322. Reacción de saponificación de acetato de etilo.	504
Figura 323. Indicaciones de seguridad para las sustancias involucradas en el proceso.	505
Figura 324. Simulación evaporador simple efecto.	525
Figura 325. Simulación evaporador doble efecto.	526
Figura 326. Simulación evaporador triple efecto.	527
Figura 327. Gráfica composición de agua vs temperatura en simple efecto.	530
Figura 328. Gráfica composición de agua vs temperatura en doble efecto.	530
Figura 329. Gráfica composición de agua vs temperatura en triple efecto.	531
Figura 330. Gráfica composición de agua vs presión en simple efecto.	532
Figura 331. Gráfica composición de agua vs presión en doble efecto.	532
Figura 332. Gráfica composición de agua vs presión en triple efecto.	533
Figura 333. Identificación de peligros y valoración de riesgos.	535
Figura 334. Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos de Seguridad del CETA” en nivel alto.	539
Figura 335. Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos de Seguridad del CETA” en nivel medio.	540
Figura 336. Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos de Seguridad del CETA” en nivel bajo.	541
Figura 337. Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos de Seguridad del CETA”.	543

Figura 338. Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos Operativos del Banco de Reactores”.	546
Figura 339. Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos Operativos del Tren de Evaporadores”.	548
Figura 340. Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Banco de Reactores” reactores en la unidad.	551
Figura 341. Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Banco de Reactores” sistema de alimentación.	552
Figura 342. Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Banco de Reactores” sistema de enfriamiento.	553
Figura 343. Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Banco de Reactores” sistema de calentamiento.	553
Figura 344. Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Tren de Evaporadores” evaporadores en la unidad.	556
Figura 345. Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Tren de Evaporadores” sistema de alimentación.	557
Figura 346. Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Tren de Evaporadores” sistema de productos.	558
Figura 347. Captura de la herramienta de Excel “Check List Variables Operativas en el Banco de Reactores”.	560
Figura 348. Captura de la herramienta de Excel “Check List Variables Operativas en el Banco de Reactores”.	562
Figura 349. Diagrama del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.	563
Figura 350. Primera parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.	564
Figura 351. Segunda parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.	566
Figura 352. Tercera parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.	567

Figura 353. Cuarta parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.	568
Figura 354. Quinta parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.	569
Figura 355. Diagrama del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.	570
Figura 356. Primera parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.	571
Figura 357. Segunda parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.	573
Figura 358. Tercera parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.	574
Figura 359. Cuarta parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.	575
Figura 360. Quinta parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.	576
Figura 361. Póster exhibido en el congreso internacional de investigación e innovación ambiental CNIIA-2022.	577

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Tabla de los reactores en el banco de reactores del CETA.	63
Tabla 2. Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-101).	66
Tabla 3. Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-102).	66
Tabla 4. Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-103).	67
Tabla 5. Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-104).	68
Tabla 6. Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-101).	68
Tabla 7. Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-102).	69
Tabla 8. Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-103).	69
Tabla 9. Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-104).	70
Tabla 10. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-105).	72
Tabla 11. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-106).	73
Tabla 12. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-107).	74
Tabla 13. Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-108).	75
Tabla 14. Tabla de las válvulas en el reactor PBR (R-109).	76
Tabla 15. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-105).	77
Tabla 16. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-106).	78
Tabla 17. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-107).	79
Tabla 18. Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-108).	80
Tabla 19. Tabla de los sensores en el reactor PBR (R-109).	81
Tabla 20. Tabla de los equipos dentro del sistema de alimentación en el banco de reactores de la zona CETA.	82
Tabla 21. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-101).	84
Tabla 22. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-102).	85
Tabla 23. Tabla de los sensores en el tanque (TK-101).	85
Tabla 24. Tabla de los sensores en el tanque (TK-102).	86
Tabla 25. Tabla de las válvulas en la bomba (P-101).	87
Tabla 26. Tabla de las válvulas en la bomba (P-102).	88
Tabla 27. Tabla de los sensores en la bomba (P-101).	88
Tabla 28. Tabla de los sensores en la bomba (P-102).	89

Tabla 29. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-101).	90
Tabla 30. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-102).	91
Tabla 31. Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-101).	91
Tabla 32. Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-102).	92
Tabla 33. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-101).	93
Tabla 34. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-102).	93
Tabla 35. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-103).	94
Tabla 36. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-104).	94
Tabla 37. Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-101).	96
Tabla 38. Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-102).	96
Tabla 39. Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-103).	97
Tabla 40. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-101).	98
Tabla 41. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-102).	98
Tabla 42. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-103).	99
Tabla 43. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-104).	99
Tabla 44. Tabla de los equipos dentro del sistema de alimentación en el banco de reactores de la zona CETA.	100
Tabla 45. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-103).	102
Tabla 46. Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-104).	102
Tabla 47. Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-103).	103
Tabla 48. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-103).	104
Tabla 49. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-104).	105
Tabla 50. Tabla de los sensores en el tanque (TK-103).	105
Tabla 51. Tabla de los sensores en el tanque (TK-104).	106
Tabla 52. Tabla de los equipos dentro del sistema de alimentación en el banco de reactores de la zona CETA.	107
Tabla 53. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-105).	109
Tabla 54. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-106).	109
Tabla 55. Tabla de los sensores en el tanque (TK-105).	110
Tabla 56. Tabla de los sensores en el tanque (TK-106).	110
Tabla 57. Tabla de las válvulas en la bomba (P-103).	113

Tabla 58. Tabla de las válvulas en la bomba (P-104).	113
Tabla 59. Tabla de los evaporadores en el tren de evaporación de la zona CETA.	120
Tabla 60. Tabla de las válvulas en el evaporador calandria (E-101).	122
Tabla 61. Tabla de los sensores en el evaporador calandria (E-101).	123
Tabla 62. Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos horizontales (E-102).	125
Tabla 63. Tabla de los sensores en el evaporador de tubos horizontales (E-102).	126
Tabla 64. Tabla de las válvulas en el evaporador de chaqueta (E-103).	128
Tabla 65. Tabla de los sensores en el evaporador de chaqueta (E-103).	128
Tabla 66. Tabla de las válvulas en el intercambiador (E-104).	130
Tabla 67. Tabla de los sensores en el intercambiador (E-104).	130
Tabla 68. Tabla de las válvulas en el ciclón (CY-101).	132
Tabla 69. Tabla de las válvulas en el ciclón (CY-102).	132
Tabla 70. Tabla de las válvulas en el ciclón (CY-103).	133
Tabla 71. Tabla de las válvulas en el divisor (S-105).	134
Tabla 72. Tabla de los sensores en el divisor (S-105).	135
Tabla 73. Tabla de los equipos dentro del sistema de alimentación en el tren de evaporadores del CETA.	136
Tabla 74. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-101).	138
Tabla 75. Tabla de los sensores en el tanque (TK-101).	138
Tabla 76. Tabla de las válvulas en la bomba (P-101).	140
Tabla 77. Tabla de los sensores en la bomba (P-101).	140
Tabla 78. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-101).	142
Tabla 79. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-101).	143
Tabla 80. Tabla de los equipos dentro del sistema de almacenamiento de producto líquido en el tren de evaporadores del CETA.	144
Tabla 81. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-106).	146
Tabla 82. Tabla de los sensores en el tanque (TK-106).	147
Tabla 83. Tabla de las válvulas en la bomba (P-102).	148
Tabla 84. Tabla de las válvulas en la bomba (P-103).	149
Tabla 85. Tabla de las válvulas en la bomba (P-104).	149
Tabla 86. Tabla de los sensores en la bomba (P-102).	150

Tabla 87. Tabla de los sensores en la bomba (P-103).	150
Tabla 88. Tabla de los sensores en la bomba (P-104).	151
Tabla 89. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-102).	152
Tabla 90. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-103).	152
Tabla 91. Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-104).	153
Tabla 92. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-102).	154
Tabla 93. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-103).	154
Tabla 94. Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-104).	155
Tabla 95. Tabla de los equipos dentro del sistema de almacenamiento de producto gaseoso en el tren de evaporadores del CETA.	156
Tabla 96. Tabla de las válvulas en el intercambiador (E-105).	157
Tabla 97. Tabla de los sensores en el intercambiador (E-105).	158
Tabla 98. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-107).	160
Tabla 99. Tabla de los sensores en el tanque (TK-107).	160
Tabla 100. Tabla de las válvulas en la línea de vacío (P-105).	162
Tabla 101. Tabla de los equipos dentro del sistema de almacenamiento de condensados en el tren de evaporadores del CETA.	162
Tabla 102. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-102).	164
Tabla 103. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-103).	165
Tabla 104. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-104).	165
Tabla 105. Tabla de las válvulas en el tanque (TK-105).	166
Tabla 106. Tabla de los sensores en el tanque (TK-102).	166
Tabla 107. Tabla de los sensores en el tanque (TK-103).	167
Tabla 108. Tabla de los sensores en el tanque (TK-104).	167
Tabla 109. Tabla de los sensores en el tanque (TK-105).	168
Tabla 110. Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 1).	205
Tabla 111. Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 2).	206
Tabla 112. Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 3).	207
Tabla 113. Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 4).	208
Tabla 114. Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 5).	209
Tabla 115. Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 6).	210

Tabla 116. Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 7).	211
Tabla 117. Válvulas que deben estar cerradas y abiertas en los precalentadores y los reactores.	241
Tabla 118. Flujos de agua en los rotámetros según su escala de lectura.	244
Tabla 119. Válvulas que deben ser abiertas según el reactor.	246
Tabla 120. Válvulas que deben estar cerradas y abiertas en la salida de los tanques de los reactivos.	247
Tabla 121. Válvulas que deben estar cerradas en los flujos de alimento.	247
Tabla 122. Válvulas que deben estar cerradas a las salidas de los reactores.	247
Tabla 123. Válvulas que deben estar cerradas y abiertas en las descargas de los reactores.	248
Tabla 124. Precios de las materias primas involucradas en el proceso.	481
Tabla 125. Tabla de viabilidad para el acetato de etilo y el acetato de sodio.	483
Tabla 126. Tabla de viabilidad para el agua destilada.	484
Tabla 127. Tabla de viabilidad para el etanol y el hidróxido de sodio <50%.	485
Tabla 128. Características del catalizador de resina Amberlyst-15.	487
Tabla 129. Condiciones de las corrientes de alimentación a cada reactor.	487
Tabla 130. Condiciones de las corrientes de alimentación al banco de reactores.	488
Tabla 131. Parámetros de los reactores en el banco de reactores.	491
Tabla 132. Conversión en los reactores de la operación adiabática.	499
Tabla 133. Conversión en los reactores de la operación isotérmica.	499
Tabla 134. Porcentaje en peso de las corrientes en los reactores de la operación adiabática.	502
Tabla 135. Porcentaje en peso de las corrientes en los reactores de la operación isotérmica.	502
Tabla 136. Precios de las materias primas involucradas en el proceso.	503
Tabla 137. Tabla de viabilidad para el acetato de etilo, el acetato de sodio y el ácido acético <20%.	506
Tabla 138. Tabla de viabilidad para el agua destilada.	507
Tabla 139. Tabla de viabilidad para el etanol y el hidróxido de sodio <50%.	508
Tabla 140. Condiciones de las corrientes de alimentación a cada reactor.	510
Tabla 141. Condiciones de las corrientes de alimentación al banco de reactores.	510
Tabla 142. Parámetros de los reactores en el banco de reactores.	514
Tabla 143. Porcentaje en peso de la corriente del producto del reactor R-104.	516

Tabla 144. Flujo de masico de la corriente del producto del reactor R-104.	517
Tabla 145. Porcentaje en peso de la corriente de alimentación del tren de evaporadores.	523
Tabla 146. Puntos de ebullición de las sustancias presentes en la corriente de alimentación del tren de evaporadores.	524
Tabla 147. Corrientes en fondos de los diferentes efectos.	529
Tabla 148. Tabla de niveles de riesgo asociado a los factores de riesgo del banco de reactores.	544
Tabla 149. Tabla de precauciones mínimas aportadas por el fabricante que deberían cumplirse.	545
Tabla 150. Tabla de la nomenclatura a utilizar en la Check List.	549
Tabla 151. Tabla de la nomenclatura a utilizar en la Check List.	554

RESUMEN

La Fundación Universidad de América en el año 2016 puso en marcha el proyecto de ingeniería más ambicioso a la fecha en la institución, para la práctica industrial de proyectos de producción, investigación y experimentación denominado: (CEPIIS) por sus siglas Centro de procesos e innovación para la industria sostenible el cual cuenta con tres áreas fundamentales: una planta de procesos, una planta de tratamiento de aguas y una estación meteorológica. El proyecto: Diseño del Plan de validación de equipos piloto del centro de transformación y adecuación (CETA) del (CEPIIS) se enfocó en la planta de procesos, específicamente en la zona CETA, zona que comprende: Banco de reactores y tren de evaporadores.

Se desarrollaron los lineamientos y protocolos para la validación de las unidades de procesos ubicadas en la zona CETA como objetivo general mediante la revisión de la información disponible de requisitos de seguridad y de operación de las unidades de proceso, considerando el potencial de uso de la zona CETA, el diagnóstico del estado estructural y operativo de las unidades disponibles en el CETA posterior a la ubicación y ensamble en sitio. Se verificaron las variables de operación de los equipos del CETA mediante una simulación en nivel de ingeniería conceptual, de acuerdo con los parámetros establecidos por el proveedor y se planteó una estrategia orientada a las condiciones más adecuadas de operación del CETA de la planta piloto de la Universidad de América.

La metodología usada para el progreso de este proyecto propuso una serie de pasos que en sus generalidades pudieran ser aplicables al acondicionamiento y asistencia de seguridad de equipos en otras zonas de la planta. Así mismo, teniendo en cuenta que la información compilada es ampliamente teórica por el estado actual de la planta en construcción, se presentó el diseño de plan de validación para una posible integración con la información obtenida posterior a la puesta en marcha de los equipos.

Como resultado, se obtuvo una guía práctica de la puesta en marcha del banco de reactores y el tren de evaporadores considerando aspectos de seguridad y operación de los equipos.

PALABRAS CLAVE: Planta piloto, validación, validación de equipos.

INTRODUCCIÓN

El proyecto: Diseño del Plan de validación de equipos piloto del centro de transformación y adecuación (CETA) del (CEPIIS) proporciona información relevante para el adecuado manejo de las unidades de reacción química de la planta piloto mediante la trazabilidad de la manipulación de los equipos desde el arribo de estos al campus de la Universidad, hasta la validación de los equipos en planta.

Para ello se establece un objetivo general y 4 objetivos específicos que describen el paso a paso del transporte, instalación y posterior validación de las unidades correspondientes a la zona.

El documento registra el desarrollo de estos objetivos a través de 7 capítulos que incluyen un marco referencial, los requisitos de seguridad y operación de equipos con potencial aplicación al CETA, el diagnóstico del estado estructural y operativo de las unidades de la zona CETA, la verificación de variables de operación de la zona CETA, los lineamientos y protocolos para la puesta en marcha y operación de la zona CETA, las conclusiones y proyecciones del proyecto.

Se presenta el marco referencial que incluye la descripción de los diferentes tipos de reactores presentes en la unidad del banco de reactores, la descripción de los diferentes tipos de evaporadores de la unidad del tren de evaporadores, la descripción de bombas e intercambiadores de calor de la zona CETA y la presentación del póster realizado como exposición del proyecto en el marco del tercer congreso internacional de investigación e innovación ambiental CNIIA-2022. Posteriormente se presentan los requisitos de seguridad y operación de equipos a través de revisión de referentes conceptuales y metodológicos, consideraciones de referentes a la seguridad industrial de los equipos e información de unidades de reacción química similares a la del CEPIIS presentes en las dos plantas visitadas en el trabajo de campo como apoyo a la investigación: la planta de procesos de La Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y el Laboratorio de procesos químicos de la Universidad de los Andes. Subsiguiente, se encuentra el diagnóstico del estado estructural y operativo de las unidades de la zona CETA, mediante el contexto de las unidades presentes, los manuales de operación de estas, una bitácora de traslado e instalación de los equipos y su diagnóstico estructural.

En el cuarto capítulo, se encuentra la verificación de variables de operación del CETA por medio de una tabla con la lista de variables prioritarias a considerar en la puesta en marcha y se incluye

la descripción de la simulación realizada en el simulador Aspen con los diferentes escenarios de operación propuestos para la zona CETA. Posteriormente, en el capítulo cinco se plantean los lineamientos y protocolos para la puesta en marcha y operación de la zona CETA a través de las matrices de aspectos de seguridad: HAZOP, BOWTIE y WHAT IF, se describe la herramienta de Excel desarrollada como check list para verificación de variables de operación y el diagrama de flujo con el protocolo de operación de las unidades de la zona CETA. El sexto capítulo corresponde a las conclusiones y el séptimo a las proyecciones.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar los lineamientos y protocolos para la puesta en marcha y validación de las unidades de procesos ubicadas en el Centro de Transformación y Adecuación (CETA) del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) de la Universidad de América.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Revisar la información disponible de requisitos de seguridad y de operación de equipos de escala semi industrial y piloto con potencial aplicación al CETA.
2. Diagnosticar el estado estructural y operativo de las unidades disponibles en el CETA posterior a la instalación en sitio.
3. Verificar mediante una simulación en nivel de ingeniería conceptual las variables de operación de los equipos del CETA, de acuerdo con los parámetros establecidos por el proveedor.
4. Estructurar una estrategia orientada a las condiciones más adecuadas de operación del CETA.

1. CENTRO DE PROCESOS E INNOVACION PARA LA INDUSTRIA SOSTENIBLE (CEPIIS)

La Fundación Universidad de América (FUA) es una institución educativa ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. Fundada en el año 1952 por Jaime Posada Diaz como una escuela de arquitectura y economía; a partir de 1956 se integraron los programas de Ingeniería industrial, mecánica, de petróleos y química incentivando el desarrollo de estas carreras en el territorio. La fundación siempre ha buscado la implementación y el aprovechamiento de nuevas tecnologías, es por ello que desde su inicio ha trabajado en la incorporación de la acreditación en alta calidad, nuevos programas de pregrado y posgrado, diversos semilleros de investigación, renovación de infraestructura y equipos, entre otros. Gracias a esta constante búsqueda de mejora, la universidad en el año 2016 propone implementar un ambiente más práctico donde los estudiantes puedan familiarizarse con la industria y aplicar de forma experimental los conocimientos adquiridos en el claustro, para ello ha creado un Centro de procesos e innovación para la industria sostenible (CEPIIS). El centro de procesos, diseñado bajo el modelo de planta piloto cuenta con tres áreas fundamentales: una planta de procesos, una planta de tratamiento de aguas y una estación meteorológica. En el proceso se han vinculado docentes activos en la estructuración y diseño de la planta, y estudiantes de últimos semestres en la proposición de manuales de operación, validación y estandarización de redes y equipos.

1.1. Visión del proyecto

La planta piloto del CEPIIS se desarrolló para la práctica de proyectos de investigación, experimentación y producción a escala. Desde su uso como herramienta pedagógica para la formación integral de ingenieros de la Fundación Universidad de América, hasta el escalamiento y reproducción de procesos a nivel semi-industrial, la planta busca estimular la comprensión de procesos, el trabajo en equipo, el manejo y manipulación de variables en equipos a escala piloto, la resolución de problemas de tipo ingenieril, la interdisciplinariedad e incluso la creatividad.

La creación de este centro de procesos busca vincular no solo a los estudiantes activos de la Universidad, sino a exalumnos de la Universidad de América, alumnos de diferentes universidades y docentes que quieran desarrollar proyectos conjuntos, empresas que requieran acompañamiento académico y/o desarrollo de pruebas piloto de producciones a escala, prácticas de investigaciones

en curso desde los semilleros y experimentación en general de procesos químicos, físicos y biológicos de base científica e industrial.

1.2. Organización de las zonas del CEPIIS

La planta CEPIIS está distribuida en diferentes zonas que abarcan la totalidad de los procesos operativos ofrecidos en el centro. Dentro de las áreas se encuentra el sistema de bombeo y la red de aguas de emergencia, RESPEL, el centro de calidad y procesos biológicos (BIOCAL) Laboratorio de procesos biológicos, el centro de purificación y refinación de producto (CEPURE), el centro de transformación y adecuación (CETA) y el centro de servicios industriales (CESI) donde está ubicada la planta de tratamiento de aguas. El proyecto: DISEÑO DEL PLAN DE VALIDACIÓN DE LOS EQUIPOS PILOTO EN LA ZONA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y ADECUACIÓN (CETA) DEL CENTRO DE PROCESOS E INNOVACIÓN PARA LA INDUSTRIA SOSTENIBLE (CEPIIS) DE LA FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA se enfoca específicamente en las unidades de reacción química presentes en la zona CETA de la planta.

1.3. Etapas de desarrollo

El proyecto CEPIIS ha superado diferentes etapas desde su ideación en el año 2016. A partir de la presentación del proyecto y la vinculación del director de este: Ing. Iván Ramírez Marín, el diseño de la planta a cargo del ing. Luis Figueroa, también docentes activos de la Universidad de América ha seguido una serie de pasos que han llevado al estado actual de la planta. Para ello se determinó que el fabricante del mayor número de equipos a escala piloto presentes fuese la empresa PS&E S.A.S (Process Solutions and Equipment) por su trayectoria en la fabricación de equipos robustos útiles en docencia, investigación y extensión.

Dentro del diseño de la planta se tomaron decisiones como: ubicación del edificio donde se instalaría la planta de procesos dentro del campus universitario, instalación y ubicación de campamentos para el resguardo de los equipos en el campus, logística de entrega, transporte y traslado de equipos hacia el campus y dentro del mismo, protección del medio ambiente circundante a la construcción del edificio del centro de procesos teniendo en cuenta las condiciones de reserva natural protegidas por la Universidad, el tipo de equipos y tamaño de los mismos

respecto a la finalidad de la planta y la elaboración de grupos de trabajo multidisciplinarios donde se vincularon docentes, empresas proveedoras de servicios y productos, empresas regulatorias de las diferentes etapas y alumnos interesados en el proyecto.

Actualmente se adelantan investigaciones por parte de estudiantes de últimos semestres a partir del proceso de construcción de la planta que han contribuido a la generación de información relevante para la evolución del proyecto, registro de datos y propuestas de mejoramiento.

1.4. Ubicación del CEPIIS

La planta del CEPIIS está ubicada en la sede del eco-campus de la Universidad de América limítrofe a la Av. Circunvalar en la calle 19ª 5 20 E de Bogotá, Colombia. Dentro del campus, limita con el complejo de Bienestar Universitario y con las aulas de ingeniería que se encuentran en la parte más alta de la Universidad.

Figura 1.

Toma aérea de la ubicación de la planta CEPIIS.



Nota. Mapa de ubicación de la planta CEPIIS en el eco-campus de la Universidad de América. Tomado de Google Earth.

1.5. Estado actual

En el año 2022, la planta se encuentra aún en desarrollo. El estado de la edificación que contiene la planta piloto tiene un avance del 80%. Todavía la estructura carece de líneas de servicios dispuestas para la instalación de los equipos, el piso y las paredes se encuentran en obra gris, las escaleras internas de acceso a los niveles de la planta, barandas y accesorios no están presentes.

Un 60% de la totalidad de los equipos se encuentran ya ubicados dentro del edificio, sin embargo no cuentan todavía con instalación eléctrica ni de servicios; algunos equipos están acoplados dentro de las unidades de proceso y otros aún permanecen sin ensamblar.

1.6. Zona CETA

La zona CETA de la planta piloto corresponde por sus siglas al Centro de transformación y adecuación de la planta CEPIIS. A esta zona pertenecen las unidades de reacción química banco de reactores y tren de evaporadores y se planea incluir a futuro 2 equipos de transformación física: molino y filtro prensa.

Esta zona está diseñada para que las unidades presentes trabajen conjuntamente siendo los productos de una, los posibles alimentos de la otra. Esta zona es de gran importancia en la planta en general por las diversas aplicaciones de los equipos que la conforman y su utilidad en proyectos de ingeniería química y de procesos. Las cualidades de las unidades de la zona CETA implican el diseño de planes de seguridad y operación tanto por el alto costo de los equipos, como por la implicación de riesgo del mal uso o el desconocimiento de la operación. Las operaciones unitarias pertenecientes a esta zona requieren de seguimiento constante y el aprovechamiento de la zona dependerá de los conocimientos avanzados en ingeniería química.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Planta piloto

“Se define como Planta Piloto al proceso que consiste en partes específicas ensambladas que operan como un todo armónico con el propósito de reproducir, a escala, procesos productivos. En estos procesos intervienen fenómenos, simples o complejos, de interés para la ingeniería permitiendo el análisis de las interacciones presentes en operaciones tales como la termodinámica, el flujo de fluidos, la transferencia de masa y energía, las reacciones químicas, la biotecnología, el control de procesos, entre otras”. El trabajo en planta piloto constituye una de las actividades más apasionantes en el campo de la ingeniería química, por cuanto deviene como una actividad investigadora donde el profesional ha de poner en práctica todos los conocimientos disponibles. [1].

2.2. Puesta en marcha de unidades de proceso

El plan de puesta en marcha por unidades de trabajo es verificado y aprobado antes de realizar cualquier acción. Posteriormente, se realiza una implementación secuencial de las fases del proceso. Se debe tener en cuenta que, en caso de que uno de los procesos sea complejo, se puede realizar de manera simultánea en varias fases.

Una vez finalizada esta fase se realizan pruebas preliminares, y se hace asistencia de control de la calidad, luego de elaborado el control de calidad se realizan las pruebas finales, y se hace la previsión de la documentación del soporte del sistema. La puesta en marcha solamente se considera finalizada cuando todo el sistema, al completo, está ajustado y equilibrado para ejecutar de manera correcta y continua el proceso.

La puesta en marcha de unidades de proceso es importante porque de ella depende el resultado final de todo el proceso previo de diseño, desarrollo y programación. [2]

2.3. Validación de unidades de proceso

La validación es la acción de probar y documentar que cualquier proceso, procedimiento o método, conduce efectiva y consistentemente a los resultados esperados, en una validación de procesos se debe evidenciar con documentación el alto grado de seguridad que un proceso específico tiene, manejando estándares de calidad. [3]

La validación es un paso a paso diseñado para garantizar que un proceso de fabricación pueda producir productos de calidad de forma constante. Para una validación de procesos se manejan 3 etapas:

- Etapa 1: Diseño del proceso
- Etapa 2: Calificación del proceso
- Etapa 3: Verificación continua del proceso

2.3.1. Etapa 1 (*Diseño del proceso*)

Se debe comprender los procesos de fabricación e identificar los pasos críticos, y parámetros críticos del proceso a evaluar. La información del proceso que se debe considerar es:

- Actividades de desarrollo de productos.
- Funcionalidad y limitaciones de los equipos de producción.
- Contribuciones previstas a la variabilidad.
- Estudios de diseño de experimentos (DOE).
- Herramientas de análisis de riesgos.
- Experimentos o demostraciones a escala de laboratorio o piloto.
- Simulaciones informáticas o virtuales.

2.3.2. Etapa 2 (Calificación del proceso)

En esta etapa, la reproducibilidad del proceso se valida a escala comercial. Se deben identificar equipos, áreas y servicios y se deben redactar contratos que incluyan descripción del proceso y la estrategia de verificación.

- El número de lotes a validar.
- El tipo de prueba o monitoreo que se realizará.
- Los criterios de aceptación que se aplicarán.
- Cómo se evaluarán los datos y las acciones a tomar¹⁴.

2.3.3. Etapa 3 (Verificación continua del proceso)

Después del desarrollo y la validación del proceso, la tercera fase de la validación del proceso establece sistemas para garantizar continuamente que el proceso validado permanezca en este estado durante la producción diaria.

La validación continua del proceso generalmente implica el uso de control estadístico de procesos (CEP), monitoreo continuo y muestreo de parámetros de proceso y atributos de calidad, y mantenimiento periódico de equipos, servicios públicos y equipos. [4] [5]

2.4. Seguridad en equipos de procesos

De acuerdo con las instrucciones de uso del fabricante, el usuario de la máquina debe implementar medidas de seguridad para reducir los riesgos residuales y garantizar que el equipo de trabajo sea adecuado para la operación que se está realizando. Cuando sea necesario, los equipos deberán estar lo suficientemente adaptados al trabajo para que los operadores puedan utilizarlos sin poner en peligro su seguridad o salud. [6]

2.4.1. Resguardo de seguridad

Muchas veces es necesario aplicar medidas de protección adicionales, estas pueden ser el resultado de una determinada ubicación o la forma en que se instalaron los equipo. En este caso, se debe

considerar primero el uso de resguardos fijos. Sin embargo, si el acceso a las zonas de peligro es necesario por razones técnicas, se debe utilizar resguardos móviles o dispositivos de protección personal. Al instalar protecciones adicionales, se aplican las mismas reglas que el fabricante de la máquina. [6]

2.4.2. *Uso de equipos de protección individual (EPIS)*

Las medidas de seguridad técnicas incluyen el uso de EPIS. Estos son equipos diseñados para transportados por el operador para protegerlos de riesgos únicos o múltiples que pueden afectar su salud o seguridad en la zona. [6]

2.4.3. *Organización y procedimientos de trabajo*

Todas las operaciones deben realizarse de acuerdo con los procedimientos de trabajo seguro establecidos. Si el uso del equipo de trabajo puede presentar un riesgo particular para la seguridad o la salud de los operadores, estos deben tomar las medidas necesarias para garantizar que solo las personas autorizadas puedan usar el equipo. En situaciones de alto riesgo, la operación debe ser realizada por al menos dos personas. En el caso de reparaciones, modificaciones, mantenimiento o servicio, estos deben ser realizados por operadores capacitados. [6]

2.4.4. *Formación*

El usuario de la máquina debe asegurarse de que los operadores responsables del uso del equipo reciban la formación (Capacitación) adecuada, incluido la formación sobre los riesgos del uso de la máquina. Esto es especialmente importante para los operadores que realizan reparaciones, modificaciones y trabajos de mantenimiento o servicio. [6]

2.4.5. *Inspección de equipos de trabajo*

Si los elementos relacionados con la seguridad fallan, puede ocurrir un accidente, por esto, el equipo de trabajo debe revisarse periódicamente. La frecuencia y el alcance de las pruebas son relativos y dependen del caso, pero se pueden determinar en función de la información del fabricante del equipo. También se debe tener en cuenta la intensidad de uso de la máquina y el nivel de riesgo en la operación del equipo. [6]

2.5. Descripción de las unidades en el CETA

La información para el desarrollo de la presente sección, fue tomada de los manuales de operación y los diagramas de flujo (PFD) del banco de reactores y el tren de evaporadores, proporcionados por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.) [39] [40], también de las tesis de grado “*Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante*” [8] y “*Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante*” [29]. Se hace una caracterización de los equipos dentro de estas unidades, donde veremos válvulas, sensores y estados operativos de estos.

Dentro de las unidades del banco de reactores y tren de evaporadores, encontraremos una serie de equipos, como lo son las bombas, intercambiadores de calor, rotámetros, reactores y evaporadores.

2.5.1. Bombas

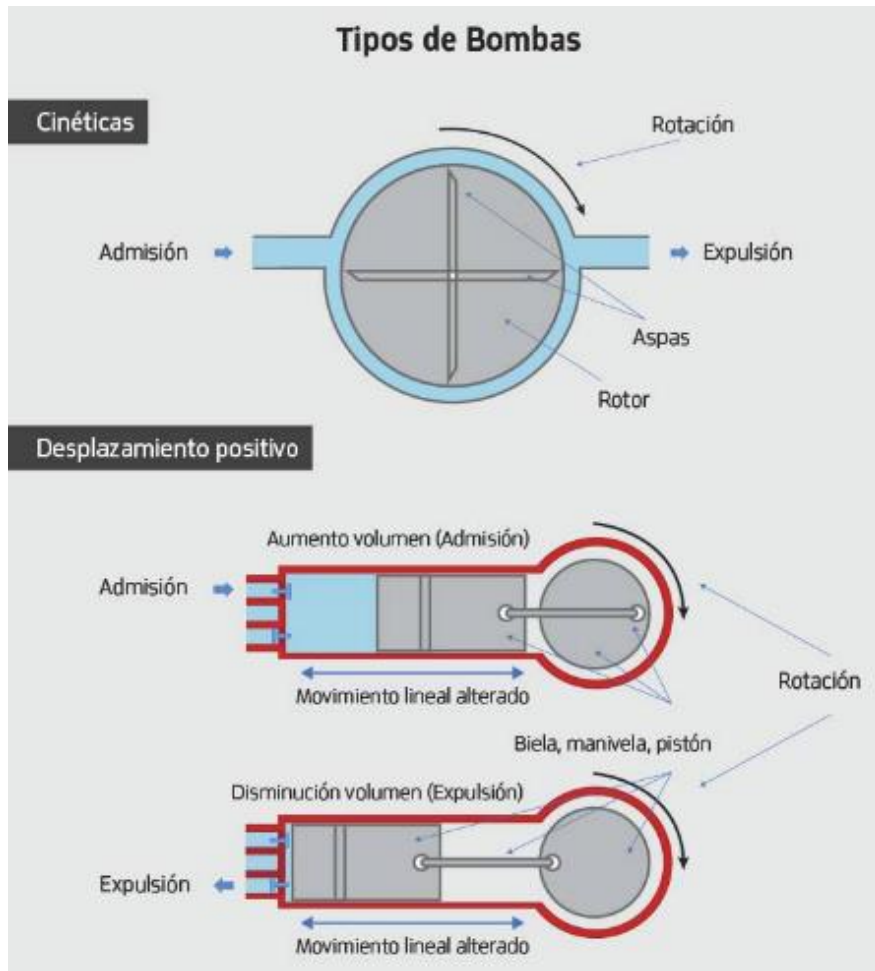
Una bomba industrial es una máquina que transforma la energía mecánica que absorbe de un motor eléctrico, térmico, u otros, y la transfiere a un fluido como energía hidráulica, lo cual permite que el fluido sea transportado de un lugar a otro, a un nivel o a diferentes niveles.

El funcionamiento de una bomba industrial es sencillo: el tubo de entrada de la bomba aspira el agua y luego es impulsada por un motor que utiliza bobinas e imanes para crear un campo magnético y así lograr que el impulsor gire de manera continua. [21]

Comúnmente las bombas se clasifican como de desplazamiento positivo o bombas cinéticas. Dentro de esta clasificación general, lo ideal es que las bombas de desplazamiento positivo entreguen una cantidad fija del fluido por cada revolución del eje de la bomba o por cada ciclo de movimiento de los elementos de bombeo activos, teniendo en cuenta que la capacidad de la bomba solo se ve afectada en forma moderada por los cambios de presión, así que operan con fluidos que tengan un amplio rango de viscosidades. Por otra parte, las bombas cinéticas operan mediante la transferencia de energía cinética de un elemento giratorio que se llama impulsor hasta un fluido mientras este se desplaza hacia y a través de la bomba. Después, una parte de esta energía se convierte en energía de presión del tipo estática y dinámica. [22]

Figura 2.

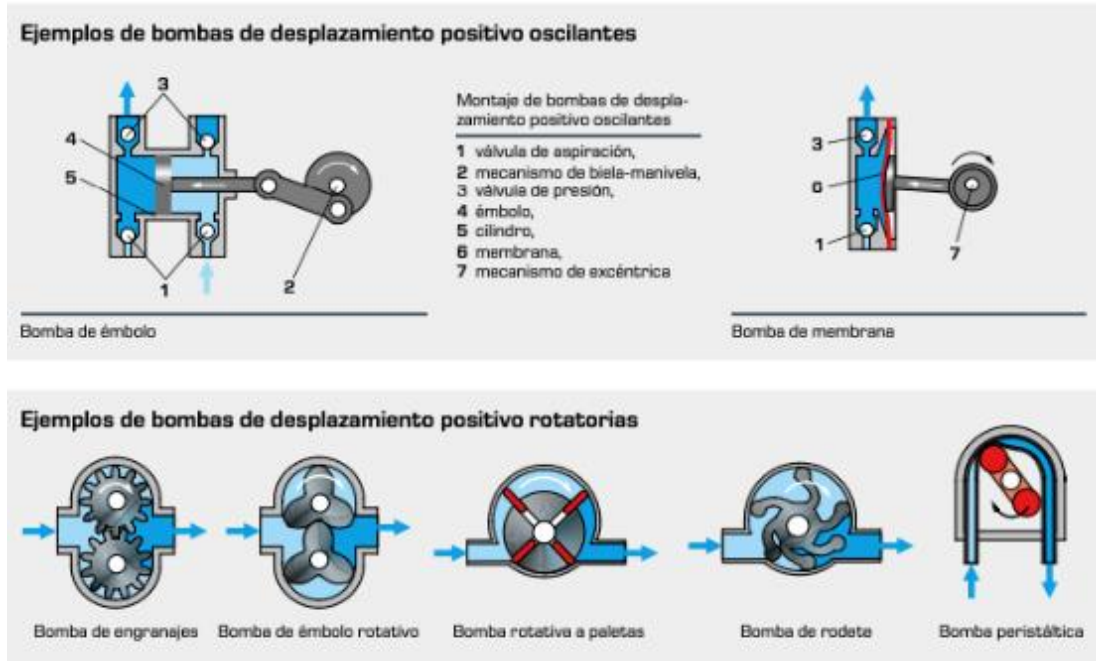
Clasificación de bombas según el tipo.



Nota. Bomba cinética y ejemplo de desplazamiento positivo con la bomba de pistón.
Tomado de DHIMEX, "DHIMEX Acerca de Nosotros"

Figura 3.

Ejemplos de bombas de desplazamiento positivo Oscilantes y Rotatorias.



Nota. Distinción entre bombas de desplazamiento positivo oscilantes y rotatorias. Tomado de UNT HAMBURG, “Maquinas fluidomecánicas hidráulicas”, Pag 306 – 307.

2.5.2. Intercambiadores de Calor

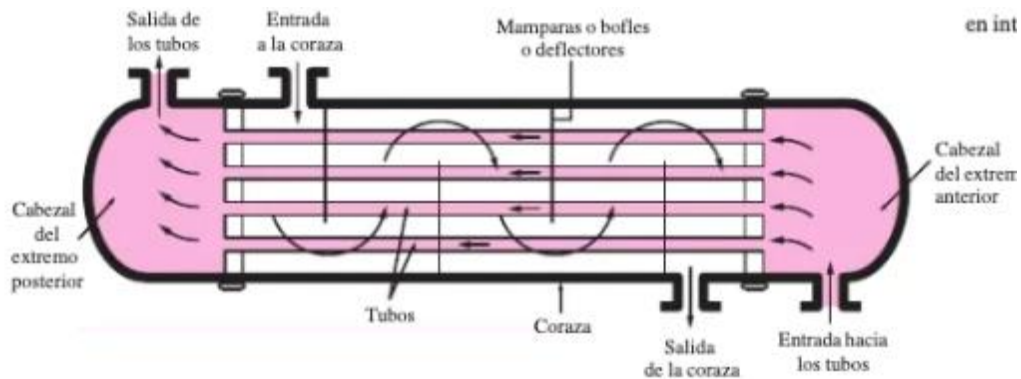
Los intercambiadores de calor son aparatos que facilitan el intercambio de calor entre dos fluidos que se encuentran a diferentes temperaturas y evitan al mismo tiempo que se mezclen entre sí.

En un intercambiador la transferencia de calor suele comprender *convección* en cada fluido y *conducción* a través de la pared que los separa. En el análisis de los intercambiadores de calor, resulta muy beneficioso trabajar con un *coeficiente total de transferencia de calor* U que asocia el efecto de todas las variables y su contribución sobre la transferencia de calor. La razón de la transferencia de calor entre los dos fluidos en un punto a lo largo del intercambiador depende de la magnitud de la diferencia de la temperatura local, la cuál va cambiando en cada segmento del aparato.

Existen diferentes tipos de intercambiadores de calor, sin embargo, quizás el tipo más común en aplicaciones industriales es el de tubos y coraza. Estos, contienen un gran número de tubos empacados en una carcasa con sus ejes paralelos al de éste. La transferencia de calor tiene lugar a medida que uno de los fluidos se mueve por dentro de los tubos, en tanto que el otro se mueve por fuera de estos pasando por la coraza. [25]

Figura 4.

Intercambiador de calor de coraza y tubos.



Nota. Esquema de un intercambiador de calor de coraza y tubos (un paso por la coraza y un paso por los tubos) Tomado de Tipos de Intercambiadores de Calor, YUNUS A. ÇENGEL. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA (3ª ed.). EE. UU: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. Pág 606.

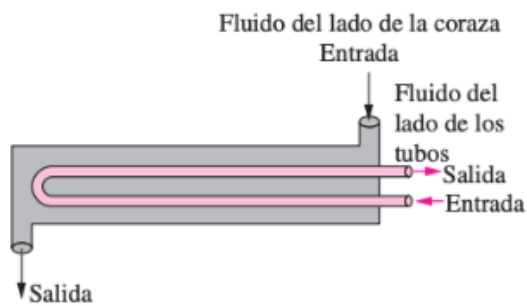
Para incrementar el área para la convección relativa al volumen del fluido, se diseñan intercambiadores con múltiples tubos que disponen el flujo en paralelo y en contracorriente simultáneamente. Las diversas necesidades, condiciones ambientales y del proceso y aplicaciones de la transferencia de calor han generado algunos diseños y configuraciones de los equipos para lograr el intercambio energético. Dentro de las restricciones para la planta piloto, se especifica el intercambiador de tubos y coraza, que al ser uno de los más utilizados en la industria conviene por su gran diversidad de aplicaciones. Estos intercambiadores de calor contienen un gran número de tubos (a veces cientos) empacados en un casco con sus ejes paralelos al de éste. Para promover aún más el intercambio, usualmente se ponen obstaculizadores forzando así al fluido a moverse en dirección transversal a la coraza, permitiendo un espaciado uniforme entre los tubos.

Los tubos se extienden hacia los cabezales, ubicados en los extremos del casco, en donde el fluido del lado de los tubos se acumula antes de entrar y salir de ellos [25]. Según la disposición de los tubos en la coraza, los intercambiadores de tubos y coraza se pueden clasificar así:

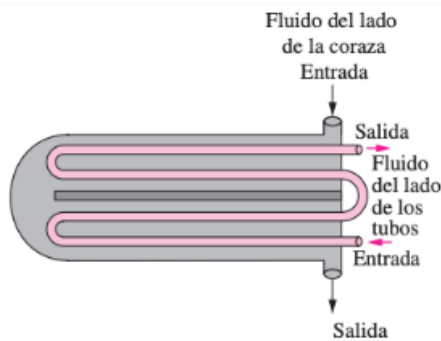
Figura 5.

Diferencias entre un intercambiador de calor de coraza y tubos (un paso por la coraza y un paso por los tubos/ dos pasos por la coraza y cuatro pasos por los tubos).

De un paso por la coraza y dos pasos por los tubos.



De dos pasos por la coraza y cuatro pasos por los tubos.



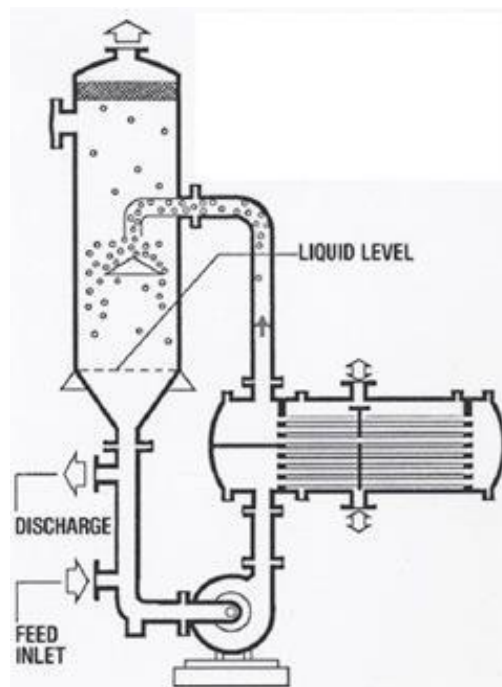
Nota. Esquema de diferencias entre un intercambiador de calor de coraza y tubos (un paso por la coraza y un paso por los tubos/ dos pasos por la coraza y cuatro pasos por los tubos) Tomado de Tipos de Intercambiadores de Calor, YUNUS A. ÇENGEL. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA (3ª ed.). EE. UU: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. Pág 606.

Cuando se diseñan intercambiadores multi pasos, la velocidad promedio del fluido en el tubo incrementa, ya que en un arreglo de dos pasos el fluido va únicamente hacía la mitad de los tubos

y el número de Reynolds se duplica $R_{et} = \frac{diG_p}{\mu}; \frac{G}{\pi ie^2}$; al incrementar el número de Reynolds se incrementan varios factores como: la turbulencia, el número de Nusselt y el coeficiente de convección. Y aunque la región en flujo paralelo resulta bajar la efectividad de ΔT , el incremento del coeficiente de transferencia de calor compensa esto, permitiendo intercambiadores más eficientes con menor tamaño. [25].

Figura 6.

Evaporador de circulación forzada.



Nota. Esquema de un evaporador de circulación forzada. Tomado de Tipos de Intercambiadores de Calor, YUNUS A. ÇENGEL. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA (3ª ed.). EE. UU: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. Pág 606.

2.5.3. Rotámetros

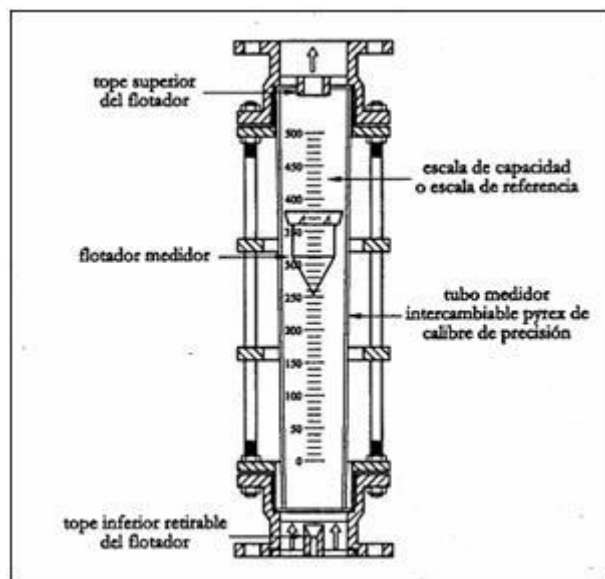
Un rotámetro o flujómetro (en inglés flowmeter) es un instrumento de medición que determina el caudal (cantidad de fluido que se mueve dentro de un tubo por unidad de tiempo) de aquellos líquidos y gases que trabajen con un salto de presión constante. Este instrumento es de forma cilíndrica y de área variable, y presenta en su interior un flotador. Su medición se basa en la

capacidad que tiene el flujo de un fluido para desplazar vertical dicho elemento sensible y así incrementar su área de paso, alcanzando una altura directamente proporcional al flujo.

Su uso es bastante común y sencillo. Tiene una escala lineal, un gran rango de medición, es simple de instalar y mantener, se fabrica en diversos materiales según el rango de presiones y temperaturas en los cuales va a trabajar. [26]

Figura 7.

Rotámetro.



Nota. Esquema simplificado de un rotámetro. Tomada de Anonymous "Unidad 4 Sistemas Complejos De Tuberías Capítulo 2 Ideas Básicas De Dispositivos De Medida Sección 2: Medidas De La Velocidad Y El Caudal En Conducciones Forzadas. Medida De La Velocidad Puntual".

2.5.4. Reactores

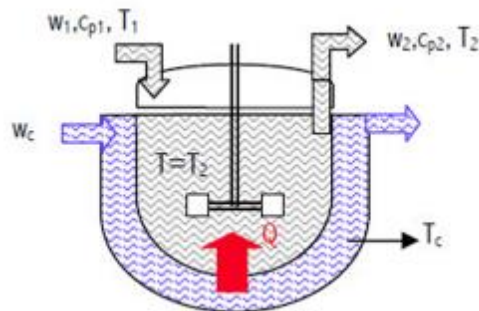
Los reactores son equipos que sirven para transformar un producto determinado, atendiendo sus causas físicas y químicas, para obtener uno nuevo o trabajar en el mismo, ya sea una solución, un alimento o un fármaco [7], estos presentan fenómenos de transferencia de calor y masa, difusión y fricción. Los reactores son la parte central de un proceso químico, por esto existen diferentes configuraciones que permiten llevar a cabo reacciones a diferentes condiciones de operación.

Los tipos de reactores más usados en la industria son: reactores batch para operación por lotes utilizados principalmente en bioprocesos como fermentadores, reactores continuos de tanque agitado (CSTR) estos utilizados generalmente para reacción en fase líquida, reactores tubulares (PFR) utilizados para reacciones en fase gaseosa y reactores empacados (PBR) para reacciones catalíticas. [8]

2.5.4.a. Reactor CSTR. El reactor continuo de tanque agitado CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor) opera normalmente en estado estacionario y se asume que produce una mezcla perfecta. Se considera que todas las variables son iguales tanto en el interior del reactor como en la corriente de salida, ya sea la temperatura o las concentraciones. Tiene un flujo de entrada de reactivos y un flujo de salida de productos y reactivos sin reaccionar. [8][9]

Figura 8.

Reactor CSTR con intercambiador de calor.

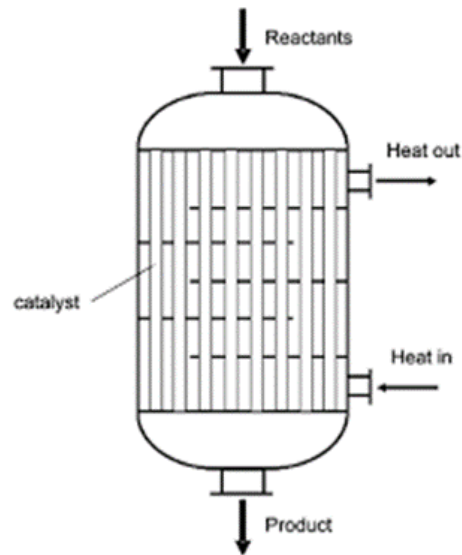


Nota. Esquema simplificado de un reactor CSTR con intercambiador de calor. Tomada de P. p. M. Alberto, "Régimen Isotérmico en un RTACMP Diseño de Reactores Químicos F.Cunill, M.Iborra, J.Tejero,".

2.5.4.b. Reactor PFR. Los reactores PFR (Plug Flow Reactor) son los que se emplean con mayor frecuencia cuando hay reacciones en fase gas. Los materiales reaccionan de manera continua a medida que fluyen por el reactor, por esta razón la concentración cambia continuamente a lo largo del reactor. Este equipo es similar en su estructura a un intercambiador de coraza y tubos, la reacción se da en los tubos y por la coraza fluye el servicio de calentamiento o de enfriamiento. El equipo funciona en estado estacionario. [11]

Figura 9.

Reactor PFR con intercambiador de calor.

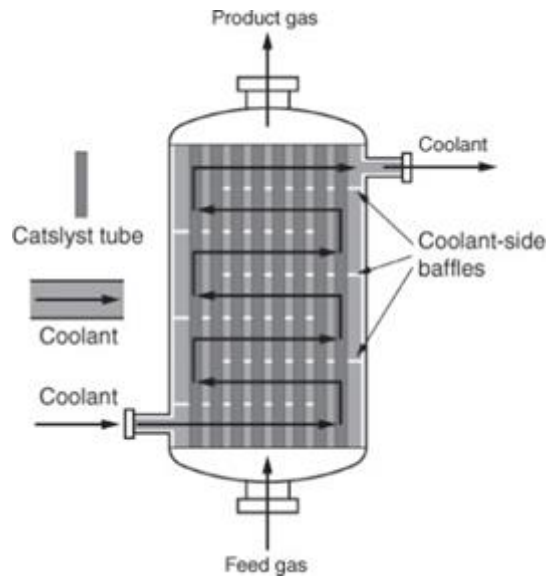


Nota. Esquema simplificado de un reactor PFR con intercambiador de calor. Tomada de Jakobsen, H. A., 2008). "Chemical reactor modeling." Multiphase Reactive Flows.

2.5.4.c. Reactor PBR. Los reactores PBR (Packed Bed Reactor) Al igual que un reactor PFR se emplea mayormente para reacciones en fase gas, con la diferencia que este emplea un catalizador heterogéneo que se encuentra empacado dentro del reactor. Es similar a un intercambiador de coraza y tubos, pero teniendo el catalizador sólido empacado en la zona de los tubos, usando un fluido por la parte de la coraza para enfriamiento o calentamiento. [11]

Figura 10.

Reactor PBR con intercambiador de calor.



Nota. Esquema simplificado de un reactor PBR con intercambiador de calor. Tomada de H. S. Fogler and S. H. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering. 1999.

2.5.5. Evaporadores

La evaporación es un proceso físico mediante el cual una sustancia líquida pasa lenta y gradualmente al estado gaseoso. Este proceso tiene lugar en la superficie del líquido como consecuencia de la liberación de las moléculas del líquido por la tensión superficial del mismo. [13]

La selección de tipo de evaporador depende de las características del alimento y del producto deseado, de la concentración deseada, tendencia a formar espuma, sensibilidad a la temperatura, formación de costras, viscosidad, entre otras. A continuación, se presentan los diferentes tipos de evaporadores:

Con recirculación:

- Evaporador de chaqueta.

- Evaporador calandria.
- Evaporador de circulación forzada.
- Evaporador de película descendente.
- Evaporador de circulación natural.

Único paso:

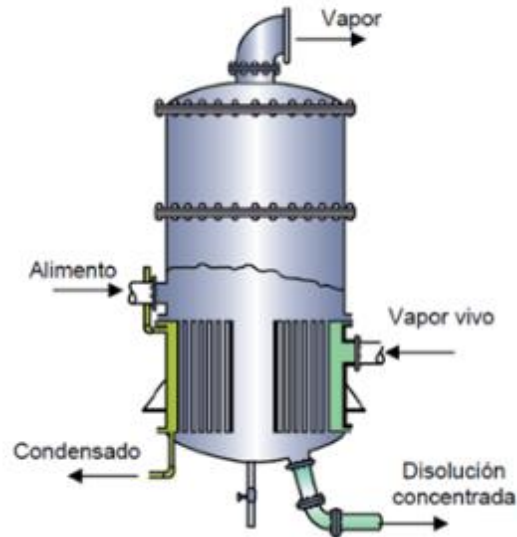
- Evaporador con película delgada.
- Evaporador tubular de película descendente.
- Evaporador tubular de película ascendente.

2.5.5.a. Evaporador calandria. Consiste en una carcasa cilíndrica vertical que incorpora un haz de tubos verticales cortos en la parte inferior con láminas de tubos horizontales atornilladas a las bridas de la carcasa. La salida de vapor se proporciona en la tapa superior, mientras que la descarga de licor espeso se proporciona en la parte inferior.

En este evaporador, la solución a evaporar está dentro de los tubos y el vapor fluye fuera de los tubos en una caja de vapor. Se incorporan deflectores en la caja de vapor para promover una distribución uniforme del vapor. El condensado se extrae en cualquier punto conveniente cerca de la placa tubular inferior, mientras que el gas no condensable, como el aire, se ventila a la atmósfera desde un punto cercano a la placa tubular superior. [14]

Figura 11.

Evaporador de calandria.

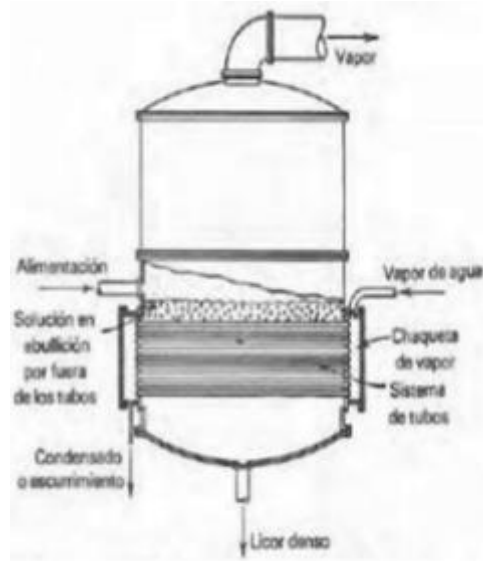


Nota. Esquema simplificado de un evaporador calandria.
Tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.),
"Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),"
2018.

2.5.5.b. Evaporador de chaqueta. Consiste en una carcasa cilíndrica cubierta en la parte inferior por una chaqueta con aislamiento. La sección enchaquetada utiliza generalmente un fluido de calentamiento que contribuye a optimizar el cambio de fase de la mezcla, mientras la sección superior corresponde a la cámara de separación; ambas secciones se encuentran aisladas generando transmisión de calor por conducción. Estos equipos cuentan con sensores de presión y una o más válvulas de alivio de presión en la cámara de evaporación, además de sensores de temperatura en la sección enchaquetada para controlar el fluido de calentamiento. Estos equipos cuentan con indicadores de nivel externo, y la descarga del producto concentrado del evaporador se arrastra por medio de una bomba. Se utilizan para la purificación de productos sensibles a la temperatura por evaporación como destilación de biodiesel, evaporación de agua con altas concentraciones de sólidos, evaporación de solventes poliméricos, entre otros. [16]

Figura 12.

Evaporador con chaqueta térmica.



Nota. Esquema simplificado de un evaporador con chaqueta térmica. Tomada de Aplicación informática para el diseño y operación de Evaporadores de Múltiple Efecto en industria. – PDF.

2.5.5.c. Evaporador de tubos horizontales. Los evaporadores de tubos horizontales son los más antiguos evaporadores químicos. Estos evaporadores están formados por una cámara, cuya parte inferior está atravesada por un banco horizontal de tubos de calentamiento. Por encima de los tubos, se encuentra un espacio que permite la separación por gravedad de las gotas arrastradas por el vapor liberado en la base por el banco de tubos horizontales.

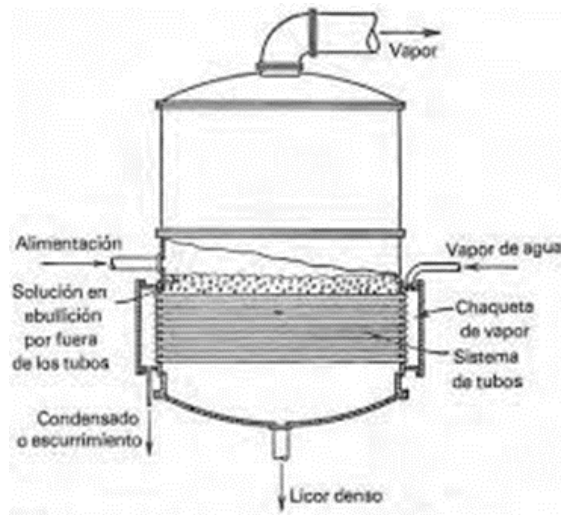
El vapor de agua entra a los tubos y se condensa; el condensado sale por el otro extremo de los tubos. La solución a ebullición está por fuera de ellos. El vapor se desprende de la superficie líquida y generalmente se hace pasar por dispositivos de tipo deflector para impedir el arrastre de gotas de líquido y sale por la parte superior.

El evaporador de tubos horizontales es el único que emplea vapor por dentro de los tubos, en este caso, la solución hierve por fuera de los tubos horizontales. Suelen emplearse con líquidos poco viscosos que no formen espumas ni incrustaciones. Operan con régimen continuo, con

alimentación y salida de concentrado a velocidad constante. Presentan bajos coeficientes de transferencia de calor debido a que los tubos interfieren con la circulación natural del líquido en ebullición. Dentro de sus aplicaciones está la producción de agua destilada para alimentar calderas de alta presión y la producción de licores que no cristalicen. [18]

Figura 13.

Evaporador de tubos horizontales.



Nota. Esquema simplificado de un evaporador de tubos horizontales.

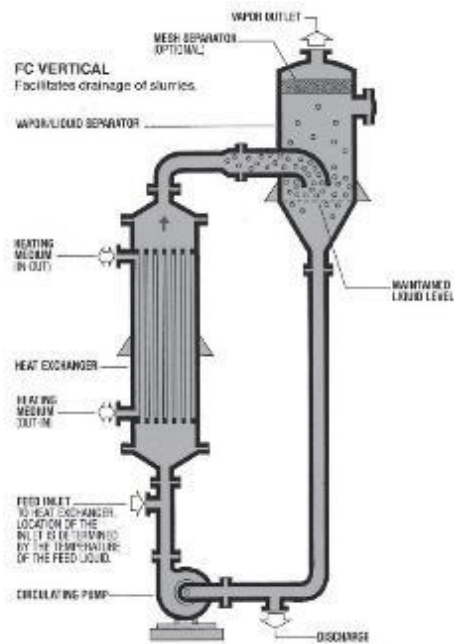
Tomada de Universidad Abierta y a Distancia de México, 2012. "Balance de Masa y Energía, y Operaciones Unitarias".

2.5.5.d. Evaporador de circulación forzada. En el evaporador de circulación forzada, la fuerza se utiliza para conducir el líquido a través de los tubos del evaporador, lo que produce altas velocidades del tubo. Una bomba de circulación de alta eficiencia, diseñada para un gran volumen y suficiente carga, se utiliza para suministrar la fuerza. El diseño adecuado da como resultado un aumento de temperatura controlado, una diferencia de temperatura controlada y velocidades de los tubos que proporcionan una transferencia de calor óptima. Los evaporadores de circulación forzada se recomiendan para líquidos viscosos, de escamado y de salazón. Debido a que el líquido solo se calienta en el horno de vapor y el destello tiene lugar en el separador y no se produce la ebullición dentro de los tubos, se reduce el ensuciamiento en las paredes calientes del tubo. El evaporador funciona con diferencias de temperatura extremadamente bajas, altas velocidades del tubo, y la

velocidad es producida y controlada mecánicamente. Estos dispositivos dan altas tasas de transferencia de calor, evaporación rápida y alta concentración sin requerir altas temperaturas de operación, maximiza la recuperación de sólidos y puede usar tubos horizontales o verticales. Los tubos son fácilmente accesibles para limpieza e inspección. [20]

Figura 14.

Evaporador de circulación forzada.



Nota. Esquema simplificado de un evaporador de circulación forzada. Tomada de BUFLOVAK PK – Hebeler Process Solutions LLC, “Evaporador de circulación forzada”.

2.5.6. Banco de Reactores del CEPIIS de la Universidad de América

Figura 15.

Foto del banco de reactores del CETA del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) de la Fundación Universidad de América (FUA).



Nota. La foto del banco de reactores fue tomada por el equipo del CEPIIS.

La Fundación Universidad de América ha desarrollado un prototipo experimental robusto para estudiar el desempeño de los reactores, ubicado en el Centro de transformación y Adecuación (CETA) del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), permitiendo manipular y controlar las variables principales de proceso, como: tipo de reactor, número de efectos, configuración del alimento, flujos, temperaturas y presiones de alimentación y operación.

En el banco de reactores de la zona CETA se utilizarán principalmente un conjunto de 9 reactores con diferentes configuraciones, estos son:

- 3 reactores continuos de mezcla perfecta (CSTR) con capacidad de 1L.
- Reactor continuo de mezcla perfecta (CSTR) con capacidad de 3L.

- 3 reactores tubulares de flujo pistón (PFR) con capacidad de 1L.
- Reactor tubular de flujo pistón (PFR) con capacidad de 3L.
- 1 reactor multi tubular de lecho empacado (PBR) con capacidad de 3L (Con 9 tubos).

Para la operación continua del equipo se cuenta con los siguientes sistemas complementarios:

- Sistema de alimentación de reactivos.
- Sistema de enfriamiento de producto.
- Sistema de calentamiento.

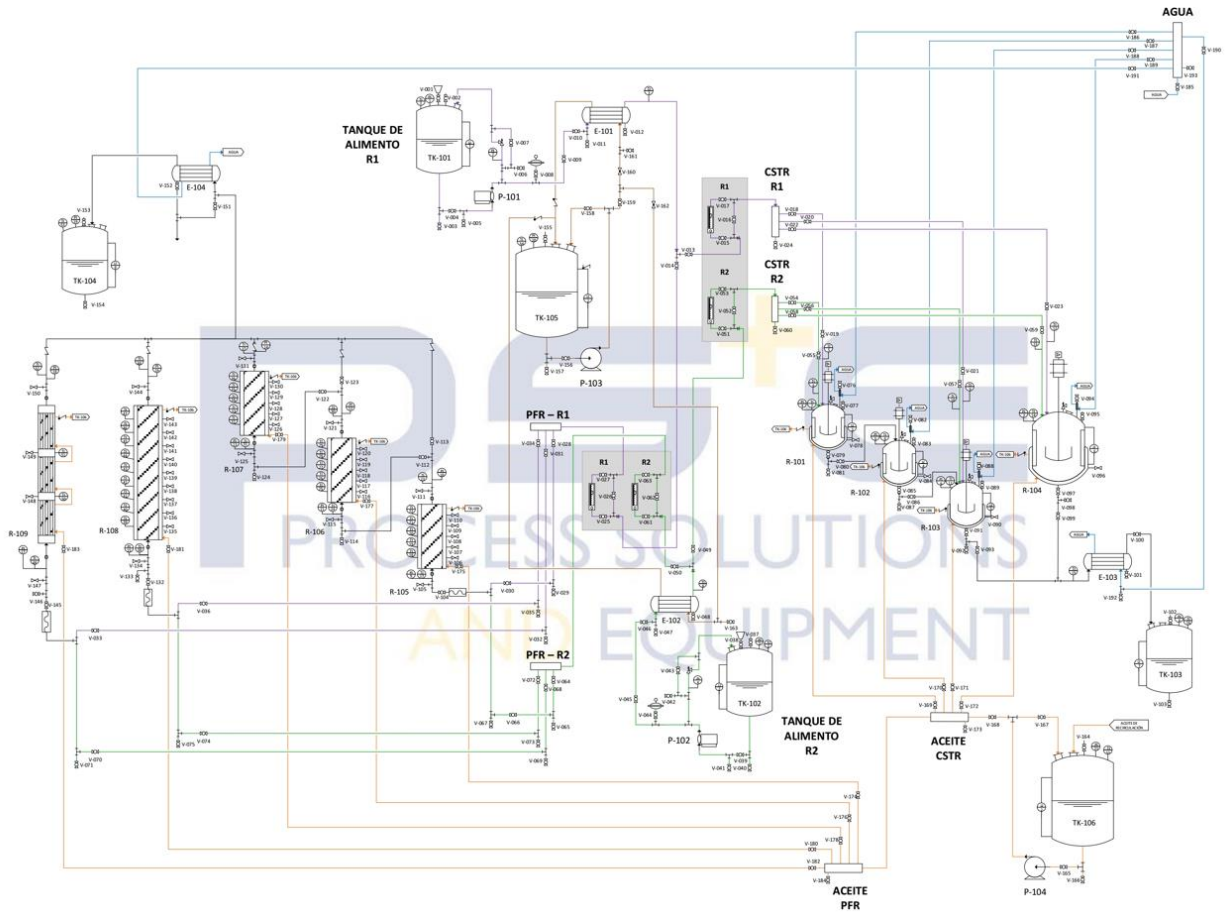
Para la obtención de datos automatizados se cuenta con un tablero de control.

El equipo permite llevar a cabo reacciones homogéneas en fase líquida, reacciones heterogéneas, catalíticas, reacciones que liberan gases, entre otras. El equipo es robusto, durable, construido en acero inoxidable 304 con acabado brillante. Puede ser utilizado para una gran diversidad de sistemas de reacción y para actividades de docencia, investigación, y extensión.

2.5.6.a. PFD.

Figura 16.

Diagrama de flujo del proceso en el banco de reactores del CETA del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) de la Fundación Universidad de América (FUA).



Nota. Diagrama de flujo del banco de reactores tomado de González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Para ver de mejor manera este diagrama. https://drive.google.com/drive/folders/1eB5mM9I8yCuF-dND9PCwqlhRytmRzIUUV?usp=share_link

2.5.6.b. Reactores en la unidad.

Tabla 1.

Tabla de los reactores en el banco de reactores del CETA.

Reactores	
Equipo	Especificación
R-101	Reactor CSTR de 1L (chaqueta térmica)
R-102	Reactor CSTR de 1L (chaqueta térmica)
R-103	Reactor CSTR de 1L (chaqueta térmica)
R-104	Reactor CSTR de 3L (chaqueta térmica)
R-105	Reactor PFR de 1L (1 tubo)
R-106	Reactor PFR de 1L (1 tubo)
R-107	Reactor PFR de 1L (1 tubo)
R-108	Reactor PFR de 3L (1 tubo)
R-109	Reactor PBR de 3L (9 tubos)

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores," 2018.

2.5.6.b.i. Reactores CSTR.

Figura 17.

Foto de los reactores CSTR del banco de reactores.



Nota. La foto del reactor CSTR fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El banco posee 1 reactor CSTR de 3L y 3 reactores en serie de 1L cada uno, estos tanques cuentan con las siguientes características:

- Tanques cilíndricos de fondo redondeado, construidos en acero inoxidable 304 con acabado brillante.
- Cuentan con chaqueta de transferencia de calor, que utiliza como fluido aceite térmico.
- Aislamiento térmico.
- Ménsulas de soporte a la estructura en acero inoxidable.

El cuerpo de los tanques cuenta con:

- Una línea de descarga en el fondo con válvula de bola.

- Toma-muestras lateral con sistema antirretorno.
- Deflectores en las paredes para generar turbulencia.
- Una tapa flanchada removible con empaque y tornillos en acero inoxidable.
- Válvulas de nivel visible externo en 1/2".
- Internamente el tanque cuenta con agitador de múltiples posiciones.
- Consta de un motor eléctrico controlado por un variador de velocidad.

Sobre la tapa están montados:

- Una válvula de bola en acero inoxidable para alivio de gases y una válvula de seguridad.
- Conexión a condensador de reflujo y termocupla.
- Sensor de presión.
- Una entrada para carga de sólidos.

El motor este acoplado a la tapa del tanque por medio de un sello mecánico que garantiza hermeticidad. El eje de agitación está construido en acero inoxidable y permite ubicar los impulsores a diferentes alturas dentro del tanque.

Tabla 2.*Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-101).*

Válvulas Reactor CSTR (R-101)	
Equipo	Especificación
V-019	Válvula de entrada del reactivo 1
V-055	Válvula de entrada del reactivo 2
V-076	Válvula del condensador de reflujo
V-077	Válvula de alivio de gases
V-078	Válvula de toma de muestras
V-079	Válvula de salida de producto
V-081	Válvula de control de salida
V-169	Válvula de entrada del aceite térmico

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 3.*Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-102).*

Válvulas Reactor CSTR (R-102)	
Equipo	Especificación
V-080	Válvula de entrada de la mezcla
V-082	Válvula del condensador de reflujo
V-083	Válvula de alivio de gases
V-084	Válvula de toma de muestras
V-085	Válvula de salida de producto
V-087	Válvula de control de salida
V-170	Válvula de entrada del aceite térmico

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 4.

Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-103).

Válvulas Reactor CSTR (R-103)	
Equipo	Especificación
V-021	Válvula de entrada del reactivo 1
V-057	Válvula de entrada del reactivo 2
V-086	Válvula de entrada de la mezcla
V-088	Válvula del condensador de reflujo
V-089	Válvula de alivio de gases
V-090	Válvula de toma de muestras
V-091	Válvula de salida de producto
V-092	Válvula de control de salida
V-171	Válvula de entrada del aceite térmico

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 5.

Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-104).

Válvulas Reactor CSTR (R-104)	
Equipo	Especificación
V-023	Válvula de entrada del reactivo 1
V-059	Válvula de entrada del reactivo 2
V-094	Válvula del condensador de reflujo
V-095	Válvula de alivio de gases
V-096	Válvula de toma de muestras
V-097	Válvula de salida de producto
V-098	Válvula de control de salida
V-172	Válvula de entrada del aceite térmico

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 6.

Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-101).

Sensores Reactor CSTR (R-101)	
Equipo	Especificación
TI-5	Indicador de temperatura reactivo 1
TI-6	Indicador de temperatura reactivo 2
TI-7	Indicador de temperatura de reacción
PI-5	Indicador de presión
L1-3	Indicador de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 7.

Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-102).

Sensores Reactor CSTR (R-102)	
Equipo	Especificación
TI-8	Indicador de temperatura de reacción
PI-6	Indicador de presión
L1-4	Indicador de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 8.

Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-103).

Sensores Reactor CSTR (R-103)	
Equipo	Especificación
TI-9	Indicador de temperatura reactivo 1
TI-10	Indicador de temperatura reactivo 2
TI-11	Indicador de temperatura de reacción
PI-7	Indicador de presión
L1-5	Indicador de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 9.

Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-104).

Sensores Reactor CSTR (R-104)	
Equipo	Especificación
TI-12	Indicador de temperatura reactivo 1
TI-13	Indicador de temperatura reactivo 2
TI-14	Indicador de temperatura de reacción
PI-8	Indicador de presión
L1-6	Indicador de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.b.ii. Reactores PFR y PBR.

Figura 18.

Foto de los reactores PFR y PBR del banco de reactores.



Nota. La foto del reactor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El banco posee 1 reactor PBR de 3 L, 1 reactor PFR de 3L y 3 reactores PFR en serie de 1L, estos cuentan con las siguientes características:

- Reactores cilíndricos de cabezal plano removible acoplado con unión tipo “clamp”, lo que permite carga de catalizador y hacer un montaje y desmontaje rápido.
- Construidos en acero inoxidable 304 con acabado brillante.
- Cuentan con chaqueta de transferencia de calor, que utiliza como fluido aceite térmico.
- Aislamiento térmico.
- Ménsulas de soporte a la estructura en acero inoxidable.
- Longitud de 741mm.

El cuerpo de los reactores cuenta con:

- Toma muestras y termocuplas tipo J que se encuentran a lo largo del cuerpo de los reactores.
- La sección principal cuenta con mallas de 1/2” en la parte superior e inferior para soportar el lecho.
- En la entrada y salida de los reactores se encuentran instalados dos sensores de presión.
- Cuenta con una válvula de acero inoxidable para descargar el sistema por gravedad.

Tabla 10.

Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-105).

Válvulas Reactor PFR (R-105)	
Equipo	Especificación
V-104	Válvula de entrada de la mezcla
V-105	Válvula de la toma de muestra 1
V-106	Válvula de la toma de muestra 2
V-107	Válvula de la toma de muestra 3
V-108	Válvula de la toma de muestra 4
V-109	Válvula de la toma de muestra 5
V-110	Válvula de la toma de muestra 6
V-111	Válvula de la toma de muestra del producto
V-112	Válvula de salida del producto a R-106
V-113	Válvula de salida del producto a E-104
V-175	Válvula de entrada del aceite térmico

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 11.

Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-106).

Válvulas Reactor PFR (R-106)	
Equipo	Especificación
V-112	Válvula de entrada de la mezcla
V-114	Válvula de control de entrada
V-115	Válvula de la toma de muestra 1
V-116	Válvula de la toma de muestra 2
V-117	Válvula de la toma de muestra 3
V-118	Válvula de la toma de muestra 4
V-119	Válvula de la toma de muestra 5
V-120	Válvula de la toma de muestra 6
V-121	Válvula de la toma de muestra del producto
V-122	Válvula de salida del producto a R-107
V-123	Válvula de salida del producto a E-105
V-177	Válvula de entrada del aceite térmico

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 12.

Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-107).

Válvulas Reactor PFR (R-107)	
Equipo	Especificación
V-122	Válvula de entrada de la mezcla
V-124	Válvula de control de entrada
V-125	Válvula de la toma de muestra 1
V-126	Válvula de la toma de muestra 2
V-127	Válvula de la toma de muestra 3
V-128	Válvula de la toma de muestra 4
V-129	Válvula de la toma de muestra 5
V-130	Válvula de la toma de muestra 6
V-131	Válvula de la toma de muestra del producto
V-179	Válvula de entrada del aceite térmico

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 13.

Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-108).

Válvulas Reactor PFR (R-108)	
Equipo	Especificación
V-132	Válvula de entrada de la mezcla
V-133	Válvula de control de entrada
V-134	Válvula de la toma de muestra 1
V-135	Válvula de la toma de muestra 2
V-136	Válvula de la toma de muestra 3
V-137	Válvula de la toma de muestra 4
V-138	Válvula de la toma de muestra 5
V-139	Válvula de la toma de muestra 6
V-140	Válvula de la toma de muestra 7
V-141	Válvula de la toma de muestra 8
V-142	Válvula de la toma de muestra 9
V-143	Válvula de la toma de muestra 10
V-144	Válvula de la toma de muestra del producto
V-181	Válvula de entrada del aceite térmico

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 14.

Tabla de las válvulas en el reactor PBR (R-109).

Válvulas Reactor PBR (R-109)	
Equipo	Especificación
V-145	Válvula de entrada de la mezcla
V-146	Válvula de control de entrada
V-147	Válvula de la toma de muestra 1
V-148	Válvula de la toma de muestra 2
V-149	Válvula de la toma de muestra 3
V-150	Válvula de la toma de muestra del producto
V-183	Válvula de entrada del aceite térmico

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 15.

Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-105).

Sensores Reactor PFR (R-105)	
Equipo	Especificación
TI-17	Indicador de temperatura de mezcla
TI-18	Indicador de temperatura de muestra 1
TI-19	Indicador de temperatura de muestra 2
TI-20	Indicador de temperatura de muestra 3
TI-21	Indicador de temperatura de muestra 4
TI-22	Indicador de temperatura de muestra 5
TI-23	Indicador de temperatura de producto
PI-10	Indicador de presión a la entrada
PI-11	Indicador de presión a la salida

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 16.

Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-106).

Sensores Reactor PFR (R-106)	
Equipo	Especificación
TI-24	Indicador de temperatura de mezcla
TI-25	Indicador de temperatura de muestra 1
TI-26	Indicador de temperatura de muestra 2
TI-27	Indicador de temperatura de muestra 3
TI-28	Indicador de temperatura de muestra 4
TI-29	Indicador de temperatura de muestra 5
TI-30	Indicador de temperatura de producto
PI-12	Indicador de presión a la entrada
PI-13	Indicador de presión a la salida

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 17.

Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-107).

Sensores Reactor PFR (R-107)	
Equipo	Especificación
TI-31	Indicador de temperatura de mezcla
TI-32	Indicador de temperatura de muestra 1
TI-33	Indicador de temperatura de muestra 2
TI-34	Indicador de temperatura de muestra 3
TI-35	Indicador de temperatura de muestra 4
TI-36	Indicador de temperatura de muestra 5
TI-37	Indicador de temperatura de producto
PI-14	Indicador de presión a la entrada
PI-15	Indicador de presión a la salida

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 18.

Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-108).

Sensores Reactor PFR (R-108)	
Equipo	Especificación
TI-38	Indicador de temperatura de mezcla
TI-39	Indicador de temperatura de muestra 1
TI-40	Indicador de temperatura de muestra 2
TI-41	Indicador de temperatura de muestra 3
TI-42	Indicador de temperatura de muestra 4
TI-43	Indicador de temperatura de muestra 5
TI-44	Indicador de temperatura de muestra 6
TI-45	Indicador de temperatura de muestra 7
TI-46	Indicador de temperatura de muestra 8
TI-47	Indicador de temperatura de muestra 9
TI-48	Indicador de temperatura de producto
PI-16	Indicador de presión a la entrada
PI-17	Indicador de presión a la salida

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 19.

Tabla de los sensores en el reactor PBR (R-109).

Sensores Reactor PBR (R-109)	
Equipo	Especificación
TI-49	Indicador de temperatura de mezcla
TI-50	Indicador de temperatura de muestra 1
TI-51	Indicador de temperatura de muestra 2
TI-52	Indicador de temperatura de producto
PI-18	Indicador de presión a la entrada
PI-19	Indicador de presión a la salida

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.c. Sistema de alimentación de reactivos.

El equipo cuenta con un sistema de alimentación de reactivos compuesto por:

- 2 tanques de alimento con capacidad de 15L.
- 2 bombas dosificadoras.
- 2 intercambiadores de tubos y coraza.
- 4 rotámetros.
- 3 mezcladores estáticos en línea.
- 6 divisores de corriente.

Tabla 20.

Tabla de los equipos dentro del sistema de alimentación en el banco de reactores de la zona CETA.

Equipos en el Sistema de Alimentación	
Equipo	Especificación
TK-101	Tanque de reactivo 1
TK-102	Tanque de reactivo 2
E-101	Intercambiador de Calor (precalentador)
E-102	Intercambiador de Calor (precalentador)
P-101	Bomba dosificadora (reactivo 1)
P-102	Bomba dosificadora (reactivo 2)
RO-101	Rotámetro de reactivo 1 a reactores CSTR
RO-102	Rotámetro de reactivo 1 a reactores PFR y PBR
RO-103	Rotámetro de reactivo 2 a reactores CSTR
RO-104	Rotámetro de reactivo 2 a reactores PFR y PBR
S-101	Divisor de reactivo 1 a reactores R-101, R-103 y R-104
S-102	Divisor de reactivo 1 a reactores R-105, R-108 y R-109
S-103	Divisor de reactivo 2 a reactores R-101, R-103 y R-104
S-104	Divisor de reactivo 2 a reactores R-105, R-108 y R-109
M-101	Mezclador de reactivos a R-105, R-106 y R-107
M-102	Mezclador de reactivos a R-108
M-103	Mezclador de reactivos a R-109

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.c.i. Tanques de almacenamiento de reactivos.

Figura 19.

Foto del tanque de almacenamiento del sistema de alimentación de reactivos del banco de reactores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El tanque de almacenamiento es un equipo con dos funciones: almacenar la cantidad suficiente de reactivo para satisfacer la demanda del proceso y regular las condiciones para que se adecuen las sustancias al sistema. Los tanques del sistema de alimentación de reactivos tienen una capacidad de 15 L de reactivo, cada uno cuenta con una bomba de carga, un precalentador para el acondicionamiento del alimento y un sistema de recirculación con el fin de realizar calibraciones de la bomba o hacer purgas. También encontramos una serie de accesorios que consta de:

- Arreglo de válvulas de nivel visible externo en 1/2”.
- Purga inferior en línea de 1/2“ con válvula de bola inoxidable.
- Una tapa flanchada removible con empaque.
- Indicadores de nivel en la parte inferior y superior del tanque
- Tornillos en acero inoxidable.

- Ménsulas de soporte a la estructura en acero inoxidable.

Sobre la tapa tenemos:

- Una válvula de bola de 1/4” en acero inoxidable para alivio atmosférico.
- Una línea de entrada con válvula de bola de 1/2“.
- Una conexión para termocupla.
- Un indicador de presión.
- Un indicador de temperatura.

Tabla 21.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-101).

Válvulas Tanque de Alimento (TK-101)	
Equipo	Especificación
V-001	Válvula de alivio atmosférico
V-002	Válvula de línea de entrada
V-003	Válvula de purga
V-004	Válvula de salida
V-005	Válvula de control de la salida
V-007	Válvula de entrada de la recirculación

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 22.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-102).

Válvulas Tanque de Alimento (TK-102)	
Equipo	Especificación
V-037	Válvula de línea de entrada
V-038	Válvula de alivio atmosférico
V-039	Válvula de salida
V-040	Válvula de purga
V-041	Válvula de control de la salida
V-043	Válvula de entrada de la recirculación

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 23.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-101).

Sensores Tanque de Alimento (TK-101)	
Equipo	Especificación
TI-1	Indicador de temperatura
PI-1	Indicador de presión
L1-1	Indicador de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 24.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-102).

Sensores Tanque de Alimento (TK-102)	
Equipo	Especificación
TI-2	Indicador de temperatura
PI-3	Indicador de presión
L1-2	Indicador de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.c.ii. Bombas dosificadoras.

Figura 20.

Foto de la bomba dosificadora en la zona de alimentación de reactivos del banco de reactores.



Nota. La foto de la bomba fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Una bomba dosificadora se encarga de inyectar un fluido en pequeñas cantidades con un control preciso del volumen dosificado. Una bomba de este tipo debe garantizar un mismo resultado en mediciones hechas por diferentes operarios a lo largo del tiempo. [43]

Las bombas utilizadas en el banco de reactores son las PHP-315-S Pulsafeeder® que manejan un flujo máximo de 8G/h y una presión máxima de 50psi. Cuentan con:

- Un cabezal en acero inoxidable ANSI-316 SS.
- Conexiones de entrada y salida en ¼” NPT (American National Standard Pipe Thread).
- Un sistema de amortiguación de pulsaciones, para obtener un flujo mucho más estable.
- Válvulas de alivio, para evitar cualquier sobre presión en el sistema.
- Válvulas de contrapresión, para asegurar que la presión de descarga sea el valor de presión para la cual fue calibrada.

Tabla 25.

Tabla de las válvulas en la bomba (P-101).

Válvulas Bomba Dosificadora (P-101)	
Equipo	Especificación
V-004	Válvula de entrada
V-005	Válvula de control de entrada
V-006	Válvula de alivio
V-007	Válvula de contrapresión
V-008	Válvula de la tapa planchada
V-009	Válvula de salida

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 26.

Tabla de las válvulas en la bomba (P-102).

Válvulas Bomba Dosificadora (P-102)	
Equipo	Especificación
V-039	Válvula de entrada
V-041	Válvula de control de entrada
V-042	Válvula de alivio
V-043	Válvula de contrapresión
V-044	Válvula de la tapa planchada
V-045	Válvula de salida

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 27.

Tabla de los sensores en la bomba (P-101).

Sensores Bomba Dosificadora (P-101)	
Equipo	Especificación
PI-2	Indicador de presión

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 28.

Tabla de los sensores en la bomba (P-102).

Sensores Bomba Dosificadora (P-102)	
Equipo	Especificación
PI-4	Indicador de presión

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.c.iii. Intercambiador de calor de tubos y coraza de precalentamiento.

Figura 21.

Foto del intercambiador de calor en zona de alimentación de reactivos del banco de reactores.



Nota. La foto del intercambiador de calor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El equipo intercambiador de calor de tubos y coraza permite generar grandes áreas de intercambio en espacios reducidos. Su función es transferir energía térmica de un medio a otro, el calor se transfiere entre el fluido que circula por los tubos y otro que circula en el interior del casco. [9]

Los intercambiadores de calor del banco de reactores manejan un flujo máximo de 30L/h y una presión máxima de 3 bar. Cuentan con las siguientes características:

- Están contruidos en acero inoxidable 304 con acabado brillante.
- Poseen indicadores de temperatura a la entrada de la línea de aceite térmico.
- Poseen indicadores de temperatura a la salida de la línea de reactivo.
- Poseen válvulas de bola de 1/2“ tanto para el flujo de reactivo como para el flujo de aceite térmico.
- Su corriente fría son los reactivos provenientes de los tanques de almacenamiento.
- Su corriente caliente el aceite térmico.

Tabla 29.

Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-101).

Válvulas Intercambiador de Calor (E-101)	
Equipo	Especificación
V-010	Válvula de entrada del reactivo
V-011	Válvula de control de entrada del reactivo
V-012	Válvula de alivio
V-013	Válvula de salida del reactivo a RO-101
V-014	Válvula de salida del reactivo a RO-103
V-160	Válvula de entrada del aceite térmico
V-161	Válvula de control de entrada del aceite térmico

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 30.

Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-102).

Válvulas Intercambiador de Calor (E-102)	
Equipo	Especificación
V-046	Válvula de entrada del reactivo
V-047	Válvula de control de entrada del reactivo
V-048	Válvula de alivio
V-049	Válvula de salida del reactivo a RO-102
V-050	Válvula de salida del reactivo a RO-104
V-162	Válvula de entrada del aceite térmico
V-163	Válvula de control de entrada del aceite térmico

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 31.

Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-101).

Sensores Intercambiador de Calor (E-101)	
Equipo	Especificación
TI-3	Indicador de temperatura

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 32.

Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-102).

Sensores Intercambiador de Calor (E-102)	
Equipo	Especificación
TI-4	Indicador de temperatura

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.c.iv. Rotámetros.

Figura 22.

Foto del rotámetro en zona de alimentación de reactivos del banco de reactores.



Nota. La foto del rotámetro fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Las características del rotámetro usado en el banco de reactores son:

- Referencia: FL-3903ST.

- Material de esfera: SS 316.
- Densidad de esfera: 8.04 g/ml.
- Temperatura de calibración: 70°F.
- Presión de calibración: 14.7 psia.

Tabla 33.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-101).

Válvulas Rotámetro (RO-101)	
Equipo	Especificación
V-015	Válvula de entrada del reactivo 1
V-016	Válvula de control
V-017	Válvula de salida a S-101

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 34.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-102).

Válvulas Rotámetro (RO-102)	
Equipo	Especificación
V-025	Válvula de entrada del reactivo 1
V-026	Válvula de control
V-027	Válvula de salida a S-102

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación

Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 35.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-103).

Válvulas Rotámetro (RO-103)	
Equipo	Especificación
V-051	Válvula de entrada del reactivo 2
V-052	Válvula de control
V-053	Válvula de salida a S-103

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 36.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-104).

Válvulas Rotámetro (RO-104)	
Equipo	Especificación
V-061	Válvula de entrada del reactivo 2
V-062	Válvula de control
V-063	Válvula de salida a S-104

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.c.v. Mezcladores estáticos.

Figura 23.

Foto del mezclador estático en zona de alimentación de reactivos del banco de reactores.



Nota. La foto del mezclador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los mezcladores estáticos son elementos ubicados en el interior de la tubería e instalados directamente en la línea del producto. Este tipo de equipos son diseñados para homogeneizar el flujo y generar la mezcla de líquidos o gases por medio de componentes estáticos, mejorando así la dinámica del fluido sin la necesidad de un dispositivo eléctrico (agitador) que promueva la mezcla. [44]

Consta de 12 elementos de mezcla de una longitud de 12mm cada uno y un diámetro de 10,4mm, que ingresan dentro del tubo en acero inoxidable ¼" NPT. Permite hacer la mezcla de reactivos antes de ingresar al reactor PFR.

Tabla 37.

Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-101).

Válvulas Mezclador Estático (M-101)	
Equipo	Especificación
V-030	Válvula de entrada del reactivo 1
V-066	Válvula de entrada del reactivo 2
V-067	Válvula de control de entrada del reactivo 2
V-104	Válvula de salida de la mezcla

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 38.

Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-102).

Válvulas Mezclador Estático (M-102)	
Equipo	Especificación
V-036	Válvula de entrada del reactivo 1
V-074	Válvula de entrada del reactivo 2
V-075	Válvula de control de entrada del reactivo 2
V-132	Válvula de salida de la mezcla

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 39.

Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-103).

Válvulas Mezclador Estático (M-103)	
Equipo	Especificación
V-033	Válvula de entrada del reactivo 1
V-070	Válvula de entrada del reactivo 2
V-071	Válvula de control de entrada del reactivo 2
V-145	Válvula de salida de la mezcla

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.c.vi. Divisores de corriente.

Figura 24.

Foto del divisor de corriente en zona de alimentación de reactivos del banco de reactores.



Nota. La foto del divisor de corriente fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los divisores de corriente se encargan de separar la corriente de los reactivos y llevarla hasta los reactores CSTR, PFR y PBR.

Tabla 40.*Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-101).*

Válvulas Divisor (S-101)	
Equipo	Especificación
V-016	Válvula de entrada del reactivo 1
V-018	Válvula de salida a R-101
V-020	Válvula de salida a R-103
V-022	Válvula de salida a R-104
V-024	Válvula de control

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 41.*Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-102).*

Válvulas Divisor (S-102)	
Equipo	Especificación
V-026	Válvula de entrada del reactivo 1
V-028	Válvula de salida a M-101
V-029	Válvula de control a M-101
V-031	Válvula de salida a M-102
V-032	Válvula de control a M-102
V-034	Válvula de salida a M-103
V-035	Válvula de control a M-103

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 42.

Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-103).

Válvulas Divisor (S-103)	
Equipo	Especificación
V-052	Válvula de entrada del reactivo 2
V-054	Válvula de salida a R-101
V-056	Válvula de salida a R-103
V-058	Válvula de salida a R-104
V-060	Válvula de control

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 43.

Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-104).

Válvulas Divisor (S-104)	
Equipo	Especificación
V-062	Válvula de entrada del reactivo 2
V-064	Válvula de salida a M-101
V-065	Válvula de control a M-101
V-068	Válvula de salida a M-103
V-069	Válvula de control a M-103
V-072	Válvula de salida a M-102
V-073	Válvula de control a M-102

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.d. Sistema de enfriamiento del producto.

El equipo cuenta con un sistema de alimentación de productos compuesto por:

- 2 intercambiadores de tubos y coraza.
- 2 tanques de producto de 15L.

Tabla 44.

Tabla de los equipos dentro del sistema de alimentación en el banco de reactores de la zona CETA.

Equipos en el Sistema de Enfriamiento	
Equipo	Especificación
TK-103	Tanque de producto de los reactores CSTR
TK-104	Tanque de producto de los reactores PFR y PBR
E-103	Intercambiador de calor (enfriamiento)
E-104	Intercambiador de calor (enfriamiento)

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.d.i. Intercambiadores de tubos y coraza de enfriamiento.

Figura 25.

Foto del intercambiador de calor del sistema de enfriamiento de producto del banco de reactores.



Nota. La foto del intercambiador de calor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los intercambiadores de calor del banco de reactores manejan un flujo máximo de 30L/h y una presión máxima de 3 bar. Cuentan con las siguientes características:

- Están contruidos en acero inoxidable 304 con acabado brillante.
- Poseen indicadores de temperatura a la entrada de la línea de aceite térmico.
- Poseen indicadores de temperatura a la salida de la línea de reactivo.
- Poseen válvulas de bola de 1/2" tanto para el flujo de reactivo como para el flujo de aceite térmico.
- Su corriente fría son los reactivos provenientes de los tanques de almacenamiento.
- Su corriente caliente es el aceite térmico.

Tabla 45.

Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-103).

Válvulas Intercambiador de Calor (E-103)	
Equipo	Especificación
V-093	Válvula de entrada del producto de R-103
V-099	Válvula de entrada del producto de R-104
V-100	Válvula de salida del producto
V-101	Válvula de alivio
V-190	Válvula de entrada de agua
V-192	Válvula de control de entrada de agua

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 46.

Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-104).

Válvulas Intercambiador de Calor (E-104)	
Equipo	Especificación
V-113	Válvula de entrada del producto de R-105
V-123	Válvula de entrada del producto de R-106
V-151	Válvula de recirculación
V-152	Válvula de alivio
V-191	Válvula de entrada de agua

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 47.

Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-103).

Sensores Intercambiador de Calor (E-103)	
Equipo	Especificación
TI-15	Indicador de temperatura

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.d.ii. Tanques de almacenamiento de producto.

Figura 26.

Foto del tanque de almacenamiento del sistema de enfriamiento de producto del banco de reactores.



Nota. La foto del tanque de almacenamiento fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los tanques del sistema de enfriamiento de producto tienen una capacidad de 15 L de producto. Cuentan con una serie de accesorios que consta de:

- Arreglo de válvulas de nivel visible externo en 1/2”.
- Una tapa flanchada removible con empaque.
- Indicadores de nivel en la parte inferior y superior del tanque.
- Tornillos en acero inoxidable.
- Ménsulas de soporte a la estructura en acero inoxidable.

Sobre la tapa tenemos:

- Una válvula de bola de 1/4” en acero inoxidable para alivio atmosférico.
- Una línea de entrada con válvula de bola de 1/2”.
- Una conexión para termocupla.
- Un indicador de presión.
- Un indicador de temperatura.

Tabla 48.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-103).

Válvulas Tanque de Producto (TK-103)	
Equipo	Especificación
V-100	Válvula de línea de entrada
V-102	Válvula de alivio atmosférico
V-103	Válvula de salida de producto

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 49.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-104).

Válvulas Tanque de Producto (TK-104)	
Equipo	Especificación
V-153	Válvula de alivio atmosférico
V-154	Válvula de salida de producto

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 50.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-103).

Sensores Tanque de Producto (TK-103)	
Equipo	Especificación
TI-16	Indicador de temperatura
PI-9	Indicador de presión
L1-7	Indicador de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 51.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-104).

Sensores Tanque de Producto (TK-104)	
Equipo	Especificación
TI-53	Indicador de temperatura
PI-20	Indicador de presión
L1-8	Indicador de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.e. Sistema de calentamiento.

El equipo cuenta con un sistema de calentamiento que se divide en el calentamiento de los reactivos en los precalentadores y el calentamiento de los reactores, este sistema se compone por:

- 2 tanques de almacenamiento de 25L.
- 2 bombas centrifugas.
- Aceite térmico.

Tabla 52.

Tabla de los equipos dentro del sistema de alimentación en el banco de reactores de la zona CETA.

Equipos en el Sistema de Calentamiento	
Equipo	Especificación
TK-105	Tanque de aceite térmico de los intercambiadores de calor
TK-106	Tanque de aceite térmico de los reactores
P-103	Bomba centrífuga (Aceite térmico)
P-104	Bomba centrífuga (Aceite térmico)

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.e.i. Tanque de almacenamiento de aceite térmico.

Figura 27.

Foto del tanque de almacenamiento del sistema de calentamiento del banco de reactores.



Nota. La foto del tanque de almacenamiento fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los tanques del sistema de calentamiento tienen una capacidad de 25 L, cada uno cuenta con una bomba centrífuga y un sistema de recirculación con el fin de realizar calibraciones de la bomba o hacer purgas. También encontramos una serie de accesorios que consta de:

- Arreglo de válvulas de nivel visible externo en 1/2”.
- Una tapa flanchada removible con empaque.
- Indicadores de nivel en la parte inferior y superior del tanque.
- Tornillos en acero inoxidable.
- Ménsulas de soporte a la estructura en acero inoxidable.
- Purga inferior en línea de 1/2“ con válvula de bola inoxidable.

Sobre la tapa tenemos:

- Una válvula de bola de 1/4” en acero inoxidable para alivio atmosférico.
- Una línea de entrada con válvula de bola de 1/2“.
- Una conexión para termocupla.
- Un indicador de presión.
- Un indicador de temperatura.

Tabla 53.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-105).

Válvulas Tanque de Aceite Térmico (TK-105)	
Equipo	Especificación
V-155	Válvula de línea de entrada
V-156	Válvula de salida
V-157	Válvula de control de salida
V-158	Válvula de entrada de la recirculación

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 54.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-106).

Válvulas Tanque de Aceite Térmico (TK-106)	
Equipo	Especificación
V-164	Válvula de línea de entrada
V-165	Válvula de salida
V-166	Válvula de control de salida
V-167	Válvula de entrada de la recirculación

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 55.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-105).

Sensores Tanque de Aceite Térmico (TK-105)	
Equipo	Especificación
TI-54	Indicador de temperatura
PI-21	Indicador de presión
L1-9	Indicador de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 56.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-106).

Sensores Tanque de Aceite Térmico (TK-106)	
Equipo	Especificación
TI-55	Indicador de temperatura
PI-22	Indicador de presión
L1-10	Indicador de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.e.ii. Aceite térmico.

Figura 28.

Aceite térmico THERMOIL Z-100 ISO 32 de la compañía Lubricantes BEG.



Nota. Imagen del aceite térmico THERMOIL Z-100 ISO 32 de la compañía Lubricantes BEG. Tomada de Beg Lubricantes, “Aceite Thermoil”.

Se conocen también como fluidos de transferencia de calor, pues son capaces de absorber energía térmica y transferirla a otro medio. Dependiendo del flujo, se pueden utilizar para calefacción o enfriamiento de equipos. [46]

El aceite térmico provisto para el equipo tiene la referencia THERMOIL Z-100 ISO 32 de la compañía Lubricantes BEG. Sus características son:

- Aceite de tipo parafínico de alta estabilidad térmica.
- Viscosidad a 40°C, cSt = 32.
- Gravedad API = 33.2.
- Punto de inflamación = 225°C.

- Resistencia a la oxidación.
- Excelente conductividad térmica.

2.5.6.e.iii. Bomba centrífuga.

Figura 29.

Foto de la bomba centrífuga del sistema de calentamiento del banco de reactores.



Nota. La foto de la bomba centrífuga fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Una bomba centrífuga es aquel equipo, cuyo objetivo es convertir la energía en velocidad y posteriormente en energía a presión. Es decir, transforman la energía mecánica en energía hidráulica. De esta manera, puede mover el mayor volumen de líquido posible. [47]

La bomba centrífuga del sistema de calentamiento cuenta con:

- Un caudal máximo de 19L/min.
- Una altura de cabezal de 16m.
- Una temperatura máxima de operación de 130°C.
- Un diámetro de tubería de succión y descarga de ¾" NPT.
- Una potencia de 0.5 HP.

Tabla 57.

Tabla de las válvulas en la bomba (P-103).

Válvulas Bomba Centrífuga (P-103)	
Equipo	Especificación
V-156	Válvula de entrada
V-158	Válvula de recirculación
V-159	Válvula de salida

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Tabla 58.

Tabla de las válvulas en la bomba (P-104).

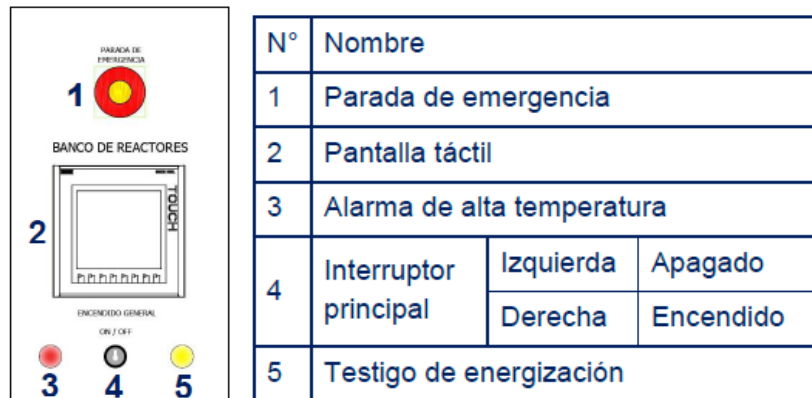
Válvulas Bomba Centrífuga (P-104)	
Equipo	Especificación
V-165	Válvula de entrada
V-167	Válvula de recirculación
V-168	Válvula de salida

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

2.5.6.f. Tablero de control.

Figura 30.

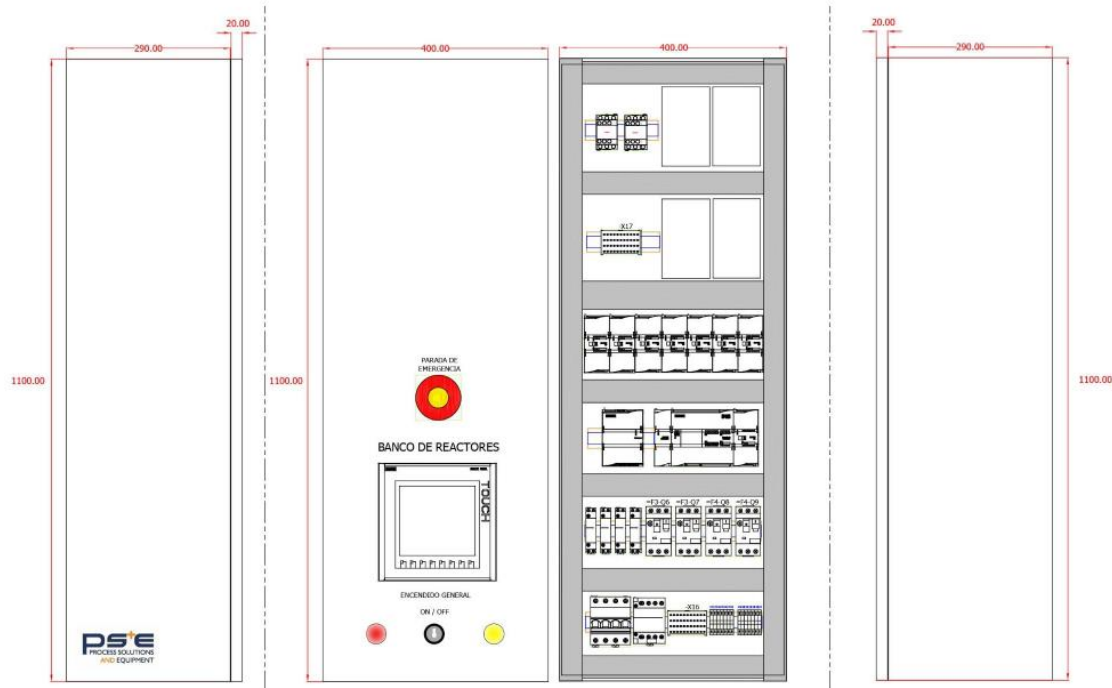
Esquema simplificado del tablero de control del banco de reactores.



Nota. Imagen del esquema del tablero de control. Tomada de González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Figura 31.

Dimensiones simplificadas del tablero de control del banco de reactores.



Nota. Imagen del esquema del tablero de control. Tomada de González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

El tablero de control está dividido en dos partes equipadas con pequeñas piezas como placas, conectores o cables. Una de ellas consiste en controlar y ejecutar todos los movimientos según las instrucciones que recibe el aparato. La otra hace referencia a la potencia, en la que se controlan los niveles de corriente y tensión que accionan la máquina de tracción. [48]

El tablero de control del banco de reactores está construido en acero inoxidable 304 y proporciona los siguientes elementos:

- Una pantalla HMI para el monitoreo y control general de todas las variables de proceso y su respectivo almacenamiento para su posterior análisis.

- En su interior consta de drivers de potencia para el control de los actuadores como lo son variadores de frecuencia y relés de estado sólido.
- Una unidad de control lógico programable SIMATIC S7-1200 1214C con los correspondientes módulos de comunicación y adecuación de señales.
- Protecciones termomagnéticas de subsistemas.
- Un sistema totalizador.

2.5.6.g. Estructura.

Figura 32.

Foto de la estructura del banco de reactores.



Nota. La foto de la estructura fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Estructura modular construida en acero montada sobre ruedas para su fácil desplazamiento.

2.5.7. Tren de evaporadores del CEPIIS de la Universidad de América.

Figura 33.

Foto del tren de evaporadores del CETA del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) de la Fundación Universidad de América (FUA).



Nota. La foto del tren de evaporadores fue tomada por el equipo del CEPIIS.

La Fundación Universidad de América ha desarrollado un prototipo experimental robusto para estudiar el desempeño de trenes de evaporación, ubicado en el Centro de transformación y Adecuación (CETA) del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), permitiendo manipular y controlar las variables principales de proceso, como: tipo de evaporador, número de efectos, circulación forzada o natural, configuración del alimento, flujos, temperaturas y presiones de alimentación y operación.

En el tren de evaporadores de la zona CETA se utilizarán principalmente 3 evaporadores con diferentes configuraciones, estos son:

- Evaporador calandria.

- Evaporador de tubos horizontales.
- Evaporador con chaqueta.

Tres de estas unidades de evaporación cuentan con un sistema de calefacción diferente (una chaqueta y dos calandrias), para ser utilizados en efecto simple o múltiple, con alimentación en paralelo o contracorriente, y con circulación forzada o natural.

Para la operación continua del equipo se cuenta con los siguientes sistemas complementarios:

- Sistema de almacenamiento del alimento.
- Sistema de condensado de vapor.
- Sistema de almacenamiento de producto líquido.
- Sistema de almacenamiento de producto gaseoso.

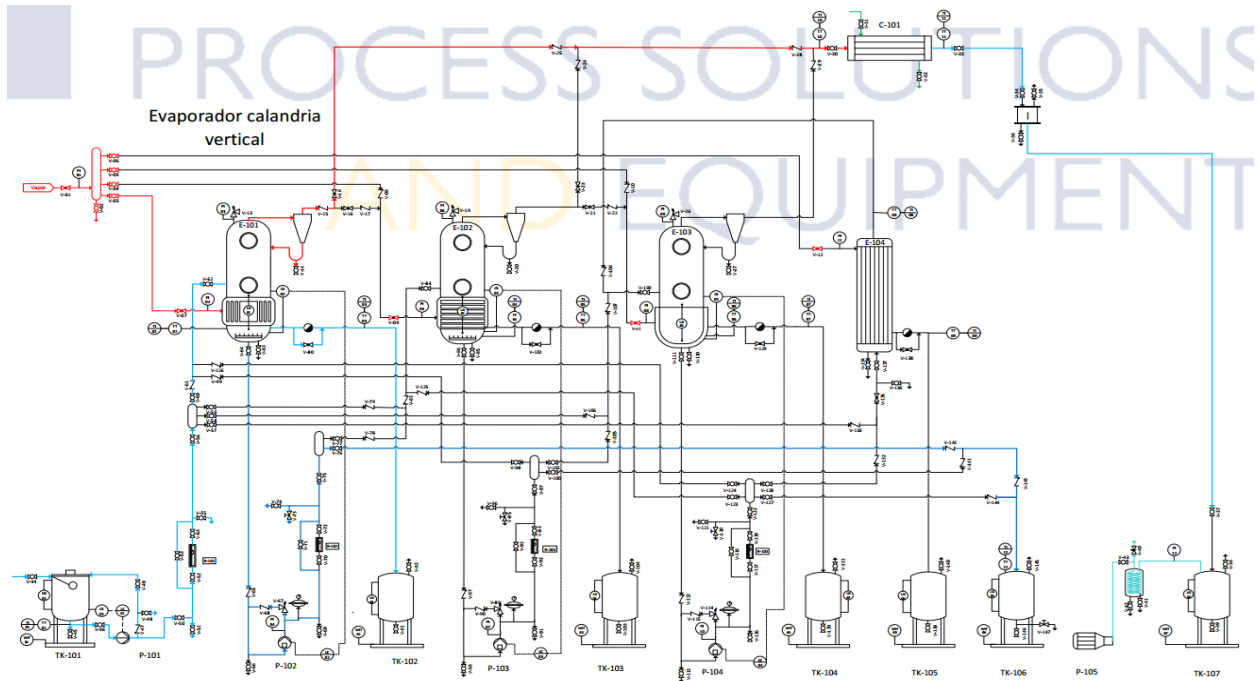
Para la obtención de datos automatizados se cuenta con un tablero de control.

El equipo permite llevar a cabo procesos de vaporización y condensación de solventes presentes en disoluciones. El equipo es robusto, durable, construido en acero inoxidable 304 con acabado brillante. Puede ser utilizado para una gran diversidad de aplicaciones de evaporación en actividades de docencia, investigación, extensión y en producción a pequeña escala.

2.5.7.a. PFD.

Figura 34.

Diagrama de flujo del proceso en el tren de evaporadores del CETA del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) de la Fundación Universidad de América (FUA).



Nota. Diagrama de flujo del tren de evaporadores tomado de Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), “Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),”.

Para ver de mejor manera este diagrama. https://drive.google.com/drive/folders/1eB5mM9I8yCuFdND9PCwqlhRytmRzIUUV?usp=share_link

2.5.7.b. Evaporadores en la unidad.

Tabla 59.

Tabla de los evaporadores en el tren de evaporación de la zona CETA.

Evaporadores	
Equipo	Especificación
E-101	Evaporador de tubos verticales
E-102	Evaporador de tubos horizontales
E-103	Evaporador de chaqueta
E-104	Intercambiador de calor para evaporación con recirculación
CY-101	Ciclón producto de cimas en el evaporador E-101
CY-102	Ciclón producto de cimas en el evaporador E-102
CY-103	Ciclón producto de cimas en el evaporador E-103
S-105	Divisor vapor de agua proveniente de la caldera

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.b.i. Evaporador calandria.

Figura 35.

Foto del evaporador calandria del tren de evaporadores.



Nota. La foto del evaporador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El tren posee 1 evaporador calandria (tubos verticales) que cuenta con las siguientes características:

- Construido en acero inoxidable 304.
- Sección de transferencia de calor, con 12 tubos verticales, un conducto de retorno central y utiliza vapor de agua como fluido de calentamiento.
- Cabezal inferior y cámara de separación.
- Diámetro de 0,25m y altura de total de 1m.
- Todas las secciones están aisladas con fibra de vidrio.
- Cuenta con un eliminador de arrastre tipo ciclón con aislamiento.
- Trampa de vapor en la línea de condensados.
- Controlador para la bomba de descarga del producto concentrado.

La cámara de evaporación cuenta con:

- Sensores de presión tipo Bourdon.
- Sensores de temperatura tipo J.
- Válvula de alivio de presión.
- Válvula de globo para la regulación del flujo de vapor.
- Control de nivel, compuesto por un medidor y una electroválvula que controla la entrada de flujo de alimento.

Tabla 60.

Tabla de las válvulas en el evaporador calandria (E-101).

Válvulas Evaporador de Tubos Verticales (E-101)	
Equipo	Especificación
V-007	Válvula de entrada del vapor de agua
V-013	Válvula de alivio de presión
V-014	Válvula de condensados del producto de cimas
V-015	Válvula de vapor a la salida del ciclón
V-016	Válvula de control de flujo a E-102
V-017	Válvula de paso a E-102
V-018	Válvula de vapor a condensar en E-105
V-025	Válvula de vapor a condensar en E-105
V-061	Válvula de paso del alimento
V-062	Válvula de control de entrada del alimento
V-063	Válvula de acumulados de agua condensada
V-064	Válvula de producto de fondos
V-080	Válvula de condensados de vapor
V-099	Válvula de paso del producto de E-102
V-0126	Válvula de paso del producto de E-103

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 61.

Tabla de los sensores en el evaporador calandria (E-101).

Sensores Evaporador de Tubos Verticales (E-101)	
Equipo	Especificación
TI-2	Indicador de temperatura
TT-2	Transmisor de temperatura
PI-3	Indicador de Presión
LG-2	Visión de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

2.5.7.b.ii. Evaporador de tubos horizontales.

Figura 36.

Foto del evaporador de tubos horizontales del tren de evaporadores.



Nota. La foto del evaporador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El tren posee 1 evaporador de tubos horizontales que cuenta con las siguientes características:

- Construido en acero inoxidable 304.
- Sección de transferencia de calor, con 11 tubos horizontales, un conducto de retorno central y utiliza vapor de agua como fluido de calentamiento.
- Cabezal inferior y cámara de separación.
- Diámetro de 0,25m y altura de total de 1m.
- Todas las secciones están aisladas con fibra de vidrio.
- Cuenta con un eliminador de arrastre tipo ciclón con aislamiento.
- Trampa de vapor en la línea de condensados.
- Controlador para la bomba de descarga del producto concentrado.

La cámara de evaporación cuenta con:

- Sensores de presión tipo Bourdon.
- Sensores de temperatura tipo J.
- Válvula de alivio de presión.
- Válvula de globo para la regulación del flujo de vapor.
- Control de nivel, compuesto por un medidor y una electroválvula que controla la entrada de flujo de alimento.

Tabla 62.

Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos horizontales (E-102).

Válvulas Evaporador de Tubos Horizontales (E-102)	
Equipo	Especificación
V-009	Válvula de entrada del vapor de agua
V-019	Válvula de alivio de presión
V-020	Válvula de condensados del producto de cimbras
V-021	Válvula de control de flujo a E-103
V-022	Válvula de paso a E-103
V-023	Válvula de vapor a condensar en E-105
V-024	Válvula de vapor a condensar en E-105
V-078	Válvula de paso del producto de E-101
V-079	Válvula de paso del alimento
V-083	Válvula de paso de la mezcla
V-084	Válvula de control de entrada del alimento
V-085	Válvula de acumulados de agua condensada
V-086	Válvula de producto de fondos
V-102	Válvula de condensados de vapor
V-125	Válvula de paso del producto de E-103

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 63.

Tabla de los sensores en el evaporador de tubos horizontales (E-102).

Sensores Evaporador de Tubos Horizontales (E-102)	
Equipo	Especificación
TI-4	Indicador de temperatura
TT-4	Transmisor de temperatura
PI-6	Indicador de Presión
LG-4	Visión de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

2.5.7.b.iii. Evaporador con chaqueta.

Figura 37.

Foto del evaporador de chaqueta del tren de evaporadores.



Nota. La foto del evaporador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El tren posee 1 evaporador con chaqueta que cuenta con las siguientes características:

- Construido en acero inoxidable 304.
- Sección enchaquetada que utiliza vapor de agua como fluido de calentamiento con capacidad de 17L.
- Cabezal inferior y cámara de separación.
- Diámetro de 0,25m y altura de total de 1m.
- Todas las secciones están aisladas con fibra de vidrio.
- Cuenta con un eliminador de arrastre tipo ciclón con aislamiento.
- Trampa de vapor en la línea de condensados.
- Controlador para la bomba de descarga del producto concentrado.

La cámara de evaporación cuenta con:

- Sensores de presión tipo Bourdon.
- Sensores de temperatura tipo J.
- Válvula de alivio de presión.
- Válvula de globo para la regulación del flujo de vapor.
- Control de nivel, compuesto por un medidor y una electroválvula que controla la entrada de flujo de alimento.

Tabla 64.*Tabla de las válvulas en el evaporador de chaqueta (E-103).*

Válvulas Evaporador de Chaqueta (E-103)	
Equipo	Especificación
V-011	Válvula de entrada del vapor de agua
V-026	Válvula de alivio de presión
V-027	Válvula de condensados del producto de cimas
V-029	Válvula de vapor a condensar en E-105
V-105	Válvula de paso del producto de E-102
V-106	Válvula de paso del alimento
V-107	Válvula de paso de la mezcla
V-108	Válvula de paso del producto de E-104
V-109	Válvula de control de entrada del alimento
V-110	Válvula de acumulados de agua condensada
V-111	Válvula de producto de fondos
V-129	Válvula de condensados de vapor

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 65.*Tabla de los sensores en el evaporador de chaqueta (E-103).*

Sensores Evaporador de Chaqueta (E-103)	
Equipo	Especificación
TI-6	Indicador de temperatura
TT-6	Transmisor de temperatura
PI-9	Indicador de Presión
LG-6	Visión de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.b.iv. Intercambiador para evaporación con circulación forzada.

Figura 38.

Foto del intercambiador para evaporación con circulación forzada del tren de evaporadores.



Nota. La foto del intercambiador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El tren posee 1 intercambiador de tubos y coraza para realizar una evaporación con circulación forzada, este cuenta con las siguientes características:

- Construido en acero inoxidable 304.
- Sección de transferencia de calor que utiliza vapor de agua como fluido de calentamiento.
- Todas las secciones están aisladas con fibra de vidrio.
- Sensores de presión tipo Bourdon.
- Sensores de temperatura tipo J.

- Válvula de control de flujo.
- Válvula de globo para la regulación del flujo de vapor.

Tabla 66.

Tabla de las válvulas en el intercambiador (E-104).

Válvulas Intercambiador de Calor (E-104)	
Equipo	Especificación
V-012	Válvula de entrada del vapor de agua
V-108	Válvula de salida de producto caliente
V-132	Válvula de paso del producto de E-103
V-133	Válvula de paso del alimento
V-134	Válvula de acumulados de agua condensada
V-135	Válvula de control de la mezcla
V-136	Válvula de muestra de la mezcla
V-137	Válvula de control de entrada del alimento
V-138	Válvula de condensados de vapor

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 67.

Tabla de los sensores en el intercambiador (E-104).

Sensores Intercambiador de Calor (E-104)	
Equipo	Especificación
TI-8	Indicador de temperatura
TT-8	Transmisor de temperatura

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.b.v. Ciclones.

Figura 39.

Foto de los ciclones del tren de evaporadores.



Nota. La foto del ciclón fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los evaporadores cuentan con un eliminador de arrastre tipo ciclón con aislamiento, los ciclones imparten una fuerza centrífuga a la corriente de gas, normalmente en una cámara de forma cónica, estos operan creando un vórtice doble donde el gas que entra es forzado a bajar por el cuerpo del ciclón con movimiento circular cerca de la superficie del tubo del ciclón. [49]

Tabla 68.

Tabla de las válvulas en el ciclón (CY-101).

Válvulas Ciclón (CY-101)	
Equipo	Especificación
V-014	Válvula de condensados del producto de cimás
V-015	Válvula de vapor a la salida del ciclón

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 69.

Tabla de las válvulas en el ciclón (CY-102).

Válvulas Ciclón (CY-102)	
Equipo	Especificación
V-020	Válvula de condensados del producto de cimás
V-022	Válvula de vapor a la salida del ciclón

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 70.

Tabla de las válvulas en el ciclón (CY-103).

Válvulas Ciclón (CY-103)	
Equipo	Especificación
V-027	Válvula de condensados del producto de cimas
V-029	Válvula de vapor a la salida del ciclón

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

2.5.7.b.vi. Línea de vapor de agua.

Figura 40.

Foto de la bomba de vacío del tren de evaporadores.



Nota. La foto de la bomba fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los evaporadores de la unidad cuentan con un sistema de vapor de agua, proveniente de la caldera de la planta térmica del CEPIIS, esta línea de vapor es utilizada para la transferencia de calor al alimento donde puede alcanzar unos 200°C. Cuenta con un divisor de corriente, para enviar el vapor de agua a cada uno de los evaporadores, válvulas para controlar el flujo de vapor y para aliviar la presión, y sensores de presión a la entrada de los evaporadores.

Tabla 71.

Tabla de las válvulas en el divisor (S-105).

Válvulas Divisor (S-105)	
Equipo	Especificación
V-001	Válvula de entrada del vapor de agua
V-002	Válvula de alivio
V-003	Válvula de salida a E-101
V-004	Válvula de salida a E-102
V-005	Válvula de salida a E-103
V-006	Válvula de salida a E-104
V-007	Válvula de entrada a E-101
V-008	Válvula de entrada a E-102
V-009	Válvula de entrada a E-102
V-010	Válvula de entrada a E-103
V-011	Válvula de entrada a E-103
V-012	Válvula de entrada a E-104

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 72.

Tabla de los sensores en el divisor (S-105).

Sensores Divisor (P-105)	
Equipo	Especificación
PI-1	Indicador de Presión
PI-2	Indicador de Presión
PI-5	Indicador de Presión
PI-8	Indicador de Presión
PI-11	Indicador de Presión

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.c. Sistema de alimentación.

El equipo cuenta con un sistema de alimentación compuesto por:

- Tanque de alimento con capacidad de 38L.
- Bomba centrífuga conectada a la salida del tanque.
- Rotámetro.
- Manifold para alimentar cada uno de los evaporadores.

Tabla 73.

Tabla de los equipos dentro del sistema de alimentación en el tren de evaporadores del CETA.

Equipos en el Sistema de Alimentación	
Equipo	Especificación
TK-101	Tanque del alimento
P-101	Bomba centrífuga (Alimento a los evaporadores)
RO-101	Rotámetro del alimento a evaporadores
S-101	Divisor de alimento a los evaporadores y al intercambiador (E-104)

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

2.5.7.c.i. Tanque de almacenamiento.

Figura 41.

Foto del tanque de almacenamiento del sistema de alimentación del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El tanque del sistema de alimentación tiene una capacidad de 38 L de mezcla y está construido en acero inoxidable 304. Cuenta con una serie de accesorios que consta de:

- Arreglo de válvulas de nivel visible externo en 1/2”.
- Una tapa flanchada removible con empaque.
- Nivel externo visible.
- Tornillos en acero inoxidable.
- Ménsulas de soporte a la estructura en acero inoxidable.
- Celdas de cargar.
- Flotador de nivel máximo.
- Sensor de nivel mínimo para evitar derrames.

Sobre la tapa tenemos:

- Una válvula de bola de 1/4” en acero inoxidable para alivio atmosférico.
- Una línea de entrada con válvula de bola de 1/2”.
- Una conexión para termocupla.
- Un indicador de presión.
- Un indicador de temperatura.

Tabla 74.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-101).

Válvulas Tanque de Alimento (TK-101)	
Equipo	Especificación
V-044	Válvula de entrada del alimento proveniente del BR
V-045	Válvula de salida del alimento
V-046	Válvula de salida a la bomba
V-049	Válvula de recirculación

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 75.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-101).

Sensores Tanque de Alimento (TK-101)	
Equipo	Especificación
TI-1	Indicador de temperatura
TT-1	Transmisor de temperatura
WIT-1	Transmisor indicador de peso
LG-1	Visión de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

2.5.7.c.ii. Bomba centrífuga.

Figura 42.

Foto de la bomba centrífuga del sistema de alimentación del tren de evaporadores.



Nota. La foto de la bomba centrífuga fue tomada por el equipo del CEPIIS.

La bomba centrífuga del sistema de alimentación cuenta con:

- Un caudal máximo de 40L/min.
- Una altura de cabezal de 16m.
- Una temperatura máxima de operación de 40°C.
- Una temperatura mínima de operación de -10°C.
- Un diámetro de tubería de succión y descarga de ¾" NPT.
- Una potencia de 0.5 HP.

Tabla 76.

Tabla de las válvulas en la bomba (P-101).

Válvulas Bomba Centrífuga (P-101)	
Equipo	Especificación
V-046	Válvula de entrada
V-047	Válvula de paso a recirculación
V-048	Válvula de alivio de presión
V-050	Válvula de salida al rotámetro
V-051	Válvula de alivio de presión

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 77.

Tabla de los sensores en la bomba (P-101).

Sensores Bomba Centrífuga (P-101)	
Equipo	Especificación
LS-1	Seguridad de nivel
LC-1	Controlador de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.c.iii. Rotámetro.

Figura 43.

Foto del rotámetro del sistema de alimentación del tren de evaporadores.



Nota. La foto del rotámetro fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Las características del rotámetro usado en el tren de evaporadores son:

- Referencia: FL-3903ST.
- Material de esfera: SS 316.
- Densidad de esfera: 8.04 g/ml.
- Temperatura de calibración: 70°F.
- Presión de calibración: 14.7 psia.

Tabla 78.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-101).

Válvulas Rotámetro (RO-101)	
Equipo	Especificación
V-052	Válvula de entrada del alimento
V-053	Válvula de control
V-054	Válvula de salida a S-101
V-055	Válvula de alivio de presión

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.c.iv. Manifold.

Figura 44.

Foto del divisor de corriente del sistema de alimentación del tren de evaporadores.



Nota. La foto del manifold fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El divisor de corriente del sistema de alimentación se encarga de separar la corriente del alimento a los evaporadores E-101, E-102 y E-103.

Tabla 79.

Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-101).

Válvulas Divisor (S-101)	
Equipo	Especificación
V-056	Válvula de entrada del alimento
V-057	Válvula de salida a E-104
V-058	Válvula de salida a E-103
V-059	Válvula de salida a E-102
V-060	Válvula de salida a E-101

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.d. Sistema de almacenamiento de producto líquido.

El equipo cuenta con un sistema de almacenamiento de producto líquido, compuesto por:

- Tanque para el producto líquido de los evaporadores con capacidad de 30L.
- 3 bombas dosificadora conectadas a la entrada del tanque, para transportar el producto de los evaporadores.
- 3 rotámetros conectados a las salidas de las bombas centrifugas.
- 3 manifold para distribuir el producto a otros evaporadores y al tanque de almacenamiento.

Tabla 80.

Tabla de los equipos dentro del sistema de almacenamiento de producto liquido en el tren de evaporadores del CETA.

Equipos en el Sistema de Producto Liquido	
Equipo	Especificación
TK-106	Tanque del producto liquido de los evaporadores E-101, E-102 y E-103
P-102	Bomba dosificadora (Producto liquido del evaporador E-101)
P-103	Bomba dosificadora (Producto liquido del evaporador E-102)
P-104	Bomba dosificadora (Producto liquido del evaporador E-103)
RO-102	Rotámetro del producto liquido del evaporador E-101
RO-103	Rotámetro del producto liquido del evaporador E-102
RO-104	Rotámetro del producto liquido del evaporador E-103
S-102	Divisor del producto liquido del evaporador E-101
S-103	Divisor del producto liquido del evaporador E-102
S-104	Divisor del producto liquido del evaporador E-103

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.d.i. Tanque de almacenamiento de producto líquido.

Figura 45.

Foto del tanque del sistema de almacenamiento de producto líquido del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El tanque de almacenamiento tiene una capacidad de 30 L de mezcla y está construido en acero inoxidable 304. Cuenta con una serie de accesorios que consta de:

- Arreglo de válvulas de nivel visible externo en 1/2".
- Una tapa flanchada removible con empaque.
- Nivel externo visible.
- Tornillos en acero inoxidable.
- Ménsulas de soporte a la estructura en acero inoxidable.
- Celdas de cargar.

- Flotador de nivel máximo.
- Sensor de nivel mínimo para evitar derrames.

Sobre la tapa tenemos:

- Una válvula de bola de 1/4” en acero inoxidable para alivio atmosférico.
- Una línea de entrada con válvula de bola de 1/2“.
- Una conexión para termocupla.
- Un indicador de presión.
- Un indicador de temperatura.

Tabla 81.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-106).

Válvulas Tanque de Producto Líquido (TK-106)	
Equipo	Especificación
V-143	Válvula de productos en E-101 y E-102
V-144	Válvula de producto en E-103
V-145	Válvula de alivio
V-146	Válvula de salida
V-147	Válvula de toma de muestras

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 82.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-106).

Sensores Tanque de Producto Liquido (TK-106)	
Equipo	Especificación
TI-12	Indicador de temperatura
TT-12	Transmisor de temperatura
WIT-6	Transmisor indicador de peso
LG-9	Visión de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.d.ii. Bombas dosificadoras.

Figura 46.

Foto de las bombas dosificadoras del sistema de almacenamiento de producto liquido del tren de evaporadores.



Nota. La foto de las bombas fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Las bombas dosificadoras del sistema de almacenamiento de producto líquido cuentan con:

- Un caudal máximo de 40L/min.
- Una altura de cabezal de 16m.
- Una temperatura máxima de operación de 160°C.
- Una temperatura mínima de operación de -10°C.
- Un diámetro de tubería de succión y descarga de ¾" NPT.
- Una potencia de 0.5 HP.

Tabla 83.

Tabla de las válvulas en la bomba (P-102).

Válvulas Bomba Dosificadora (P-102)	
Equipo	Especificación
V-065	Válvula de entrada del producto de E-101
V-066	Válvula de toma de muestras
V-067	Válvula de la tapa flanchada
V-068	Válvula de recirculación
V-069	Válvula de alivio de presión

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 84.

Tabla de las válvulas en la bomba (P-103).

Válvulas Bomba Dosificadora (P-103)	
Equipo	Especificación
V-087	Válvula de entrada del producto de E-102
V-088	Válvula de toma de muestras
V-089	Válvula de la tapa flanchada
V-090	Válvula de recirculación
V-091	Válvula de alivio de presión

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 85.

Tabla de las válvulas en la bomba (P-104).

Válvulas Bomba Dosificadora (P-104)	
Equipo	Especificación
V-112	Válvula de entrada del producto de E-103
V-113	Válvula de toma de muestras
V-114	Válvula de la tapa flanchada
V-115	Válvula de recirculación
V-116	Válvula de alivio de presión

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 86.

Tabla de los sensores en la bomba (P-102).

Sensores Bomba Dosificadora (P-102)	
Equipo	Especificación
LS-2	Seguridad de nivel
LC-2	Controlador de nivel
PI-4	Indicador de Presión

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 87.

Tabla de los sensores en la bomba (P-103).

Sensores Bomba Dosificadora (P-103)	
Equipo	Especificación
LS-3	Seguridad de nivel
LC-3	Controlador de nivel
PI-7	Indicador de Presión

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 88.

Tabla de los sensores en la bomba (P-104).

Sensores Bomba Dosificadora (P-104)	
Equipo	Especificación
LS-4	Seguridad de nivel
LC-4	Controlador de nivel
PI-10	Indicador de Presión

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

2.5.7.d.iii. Rotámetros.

Figura 47.

Foto de los rotámetros del sistema de almacenamiento del producto de líquido del tren de evaporadores.



Nota. La foto de los rotámetros fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Las características de los rotámetros usados en este sistema son las mismas del rotámetro del sistema de alimentación (Sección 3.1.2.c).

Tabla 89.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-102).

Válvulas Rotámetro (RO-102)	
Equipo	Especificación
V-070	Válvula de entrada
V-071	Válvula de control
V-072	Válvula de salida a S-102
V-073	Válvula de alivio de presión
V-074	Válvula de toma de muestras

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 90.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-103).

Válvulas Rotámetro (RO-103)	
Equipo	Especificación
V-092	Válvula de entrada
V-093	Válvula de control
V-094	Válvula de salida a S-103
V-095	Válvula de alivio de presión
V-096	Válvula de toma de muestras

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 91.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-104).

Válvulas Rotámetro (RO-104)	
Equipo	Especificación
V-117	Válvula de entrada
V-118	Válvula de control
V-119	Válvula de salida a S-104
V-120	Válvula de alivio de presión
V-121	Válvula de toma de muestras

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

2.5.7.d.iv. Manifold.

Figura 48.

Foto de los divisores de corriente del sistema de almacenamiento de producto líquido del tren de evaporadores.



Nota. La foto del manifold fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los divisores de corriente del sistema de almacenamiento de producto líquido se encargan de separar la corriente del producto de los evaporadores E-101, E-102 y E-103, llevándolos al tanque

de almacenamiento o como alimento de los evaporadores contrarios, dependiendo del efecto que se quiera en el tren de evaporadores

Tabla 92.

Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-102).

Válvulas Divisor (S-102)	
Equipo	Especificación
V-075	Válvula de entrada
V-076	Válvula de control a tanque TK-106
V-077	Válvula de control a E-102
V-142	Válvula de paso a tanque TK-106

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 93.

Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-103).

Válvulas Divisor (S-103)	
Equipo	Especificación
V-097	Válvula de entrada
V-098	Válvula de control a E-101
V-100	Válvula de control a tanque TK-106
V-101	Válvula de control a E-103
V-141	Válvula de paso a tanque TK-106

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 94.

Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-104).

Válvulas Divisor (S-104)	
Equipo	Especificación
V-122	Válvula de entrada
V-123	Válvula de control a E-102
V-124	Válvula de control a E-101
V-127	Válvula de control a tanque TK-106
V-128	Válvula de control a E-104

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.e. Sistema de almacenamiento de producto gaseoso.

El equipo cuenta con un sistema de almacenamiento de producto gaseoso, compuesto por:

- Tanque para el producto líquido de los evaporadores con capacidad de 30L.
- 3 bombas centrífugas conectadas a la entrada del tanque, para transportar el producto de los evaporadores.
- 3 rotámetros conectados a las salidas de las bombas centrífugas.
- 3 manifold para distribuir el producto a otros evaporadores y al tanque de almacenamiento.

Tabla 95.

Tabla de los equipos dentro del sistema de almacenamiento de producto gaseoso en el tren de evaporadores del CETA.

Equipos en el Sistema de Producto Gaseoso	
Equipo	Especificación
TK-107	Tanque del producto gaseoso de los evaporadores E-101, E-102 y E-103
P-105	Bomba de vacío (Producto gaseoso condensado de los evaporadores)
E-105	Intercambiador de calor para condensar el producto gaseoso

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.e.i. Intercambiador de tubos y coraza.

Figura 49.

Foto del intercambiador de calor del tren de evaporadores.



Nota. La foto del intercambiador de calor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El tren posee 1 intercambiador de tubos y coraza para realizar la condensación del producto gaseoso de los evaporadores, el cual utiliza el agua de utilidad como corriente de enfriamiento. Cuenta con las siguientes características:

- Construido en acero inoxidable 304.

- Sección de transferencia de calor que utiliza agua de utilidad como fluido de enfriamiento.
- Todas las secciones están aisladas con fibra de vidrio.
- Sensores de presión tipo Bourdon.
- Sensores de temperatura tipo J.
- Válvula de control de flujo.
- Válvula de globo para la regulación del flujo de agua.

Tabla 96.

Tabla de las válvulas en el intercambiador (E-105).

Válvulas Intercambiador de Calor (E-105)	
Equipo	Especificación
V-028	Válvula de paso del vapor de E-101 y E-102
V-029	Válvula de paso del vapor de E-103
V-030	Válvula de control de entrada del vapor
V-031	Válvula de control de entrada del agua de utilidad
V-032	Válvula de control de salida del agua de utilidad
V-033	Válvula de control de salida del vapor condensado
V-034	Válvula de control de condensados
V-035	Válvula de salida de condensados
V-036	Válvula de salida de vapor no condensado

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 97.

Tabla de los sensores en el intercambiador (E-105).

Sensores Intercambiador de Calor (E-105)	
Equipo	Especificación
TI-10	Indicador de temperatura
TT-10	Transmisor de temperatura
TI-11	Indicador de temperatura
TT-11	Transmisor de temperatura

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

2.5.7.e.ii. Tanque de almacenamiento del producto gaseoso.

Figura 50.

Foto del tanque del sistema de almacenamiento del producto gaseoso del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El tanque de almacenamiento tiene una capacidad de 30 L y está construido en acero inoxidable 304. Cuenta con una serie de accesorios que consta de:

- Arreglo de válvulas de nivel visible externo en 1/2”.
- Una tapa flanchada removible con empaque.
- Nivel externo visible.
- Tornillos en acero inoxidable.
- Ménsulas de soporte a la estructura en acero inoxidable.
- Celdas de cargar.
- Flotador de nivel máximo.
- Sensor de nivel mínimo para evitar derrames.
- Acople a línea de vacío.

Sobre la tapa tenemos:

- Una válvula de bola de 1/4” en acero inoxidable para alivio atmosférico.
- Una línea de entrada con válvula de bola de 1/2”.
- Una conexión para termocupla.
- Un indicador de presión.
- Un indicador de temperatura.

Tabla 98.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-107).

Válvulas Tanque de Producto Gaseoso (TK-107)	
Equipo	Especificación
V-037	Válvula de entrada del agua condensada
V-038	Válvula de alivio
V-039	Válvula de salida del agua condensada

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 99.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-107).

Sensores Tanque de Producto Gaseoso (TK-107)	
Equipo	Especificación
PI-12	Indicador de Presión
WIT-7	Transmisor indicador de peso
LG-10	Visión de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

2.5.7.e.iii. Línea de vacío.

Figura 51.

Foto de la línea de vacío del sistema de almacenamiento de producto gaseoso del tren de evaporadores.



Nota. La foto de la línea de vacío fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Esta línea de vacío se encuentra acoplada al tanque de almacenamiento, maneja un tanque de vacío con flujo para condensar el agua del aire antes de entrar a la bomba de vacío.

La bomba de vacío del sistema de almacenamiento de producto gaseoso cuenta con:

- Un caudal máximo de 40L/min.
- Una altura de cabezal de 16m.
- Una temperatura máxima de operación de 40°C.
- Una temperatura mínima de operación de 5°C.
- Un diámetro de tubería de succión y descarga de ¾" NPT.
- Una potencia de 0.5 HP.
- Trabaja con aire que posea una humedad relativa entre 30% a 90%.

Tabla 100.

Tabla de las válvulas en la línea de vacío (P-105).

Válvulas Línea de Vacío (P-105)	
Equipo	Especificación
V-040	Válvula de entrada del agua de utilidad
V-041	Válvula de salida del agua de utilidad
V-042	Válvula de condensados en el tanque de vacío
V-043	Válvula de la bomba de vacío

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.f. Sistema de almacenamiento de condensados.

El equipo cuenta con un sistema de almacenamiento de condensados, compuesto por:

- 4 tanques para el condensado del vapor vivo de los evaporadores con capacidad de 32L.

Tabla 101.

Tabla de los equipos dentro del sistema de almacenamiento de condensados en el tren de evaporadores del CETA.

Equipos en el Sistema de Condensados	
Equipo	Especificación
TK-102	Tanque del vapor condensado en el evaporador E-101
TK-103	Tanque del vapor condensado en el evaporador E-102
TK-104	Tanque del vapor condensado en el evaporador E-103
TK-105	Tanque del vapor condensado en el intercambiador E-104

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.f.i. Tanques de almacenamiento de condensados.

Figura 52.

Foto de los tanques del sistema de almacenamiento de condensados del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los tanques de almacenamiento tienen una capacidad de 32 L y están contruidos en acero inoxidable 304. Cuentan con una serie de accesorios que consta de:

- Arreglo de válvulas de nivel visible externo en 1/2”.
- Una tapa flanchada removible con empaque.
- Nivel externo visible.
- Tornillos en acero inoxidable.
- Ménsulas de soporte a la estructura en acero inoxidable.
- Celdas de cargar.

- Flotador de nivel máximo.
- Sensor de nivel mínimo para evitar derrames.

Sobre la tapa tenemos:

- Una válvula de bola de 1/4” en acero inoxidable para alivio atmosférico.
- Una línea de entrada con válvula de bola de 1/2“.
- Una conexión para termocupla.
- Un indicador de temperatura.

Tabla 102.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-102).

Válvulas Tanque de Condensados (TK-102)	
Equipo	Especificación
V-080	Válvula de línea de entrada
V-081	Válvula de salida
V-082	Válvula de alivio

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 103.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-103).

Válvulas Tanque de Condensados (TK-103)	
Equipo	Especificación
V-102	Válvula de línea de entrada
V-103	Válvula de salida
V-104	Válvula de alivio

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 104.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-104).

Válvulas Tanque de Condensados (TK-104)	
Equipo	Especificación
V-129	Válvula de línea de entrada
V-130	Válvula de salida
V-131	Válvula de alivio

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 105.

Tabla de las válvulas en el tanque (TK-105).

Válvulas Tanque de Condensados (TK-105)	
Equipo	Especificación
V-138	Válvula de línea de entrada
V-139	Válvula de salida
V-140	Válvula de alivio

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 106.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-102).

Sensores Tanque de Condensados (TK-102)	
Equipo	Especificación
TI-3	Indicador de temperatura
TT-3	Transmisor de temperatura
WIT-2	Transmisor indicador de peso
LG-3	Visión de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 107.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-103).

Sensores Tanque de Condensados (TK-103)	
Equipo	Especificación
TI-5	Indicador de temperatura
TT-5	Transmisor de temperatura
WIT-3	Transmisor indicador de peso
LG-5	Visión de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 108.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-104).

Sensores Tanque de Condensados (TK-104)	
Equipo	Especificación
TI-7	Indicador de temperatura
TT-7	Transmisor de temperatura
WIT-4	Transmisor indicador de peso
LG-7	Visión de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Tabla 109.

Tabla de los sensores en el tanque (TK-105).

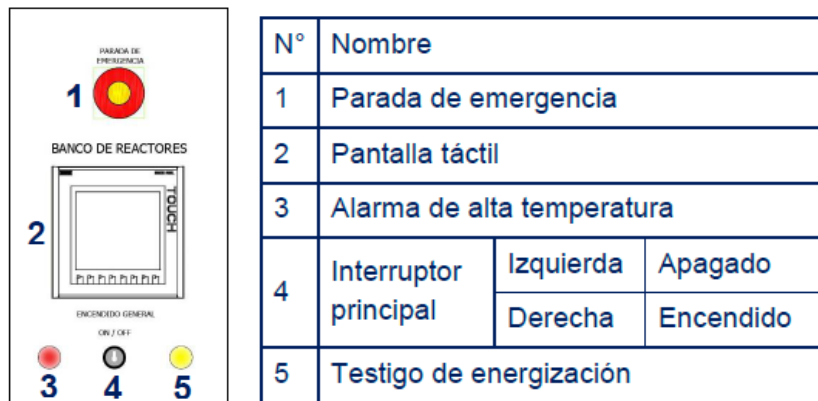
Sensores Tanque de Condensados (TK-105)	
Equipo	Especificación
TI-9	Indicador de temperatura
TT-9	Transmisor de temperatura
WIT-5	Transmisor indicador de peso
LG-8	Visión de nivel

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

2.5.7.g. Tablero de control.

Figura 53.

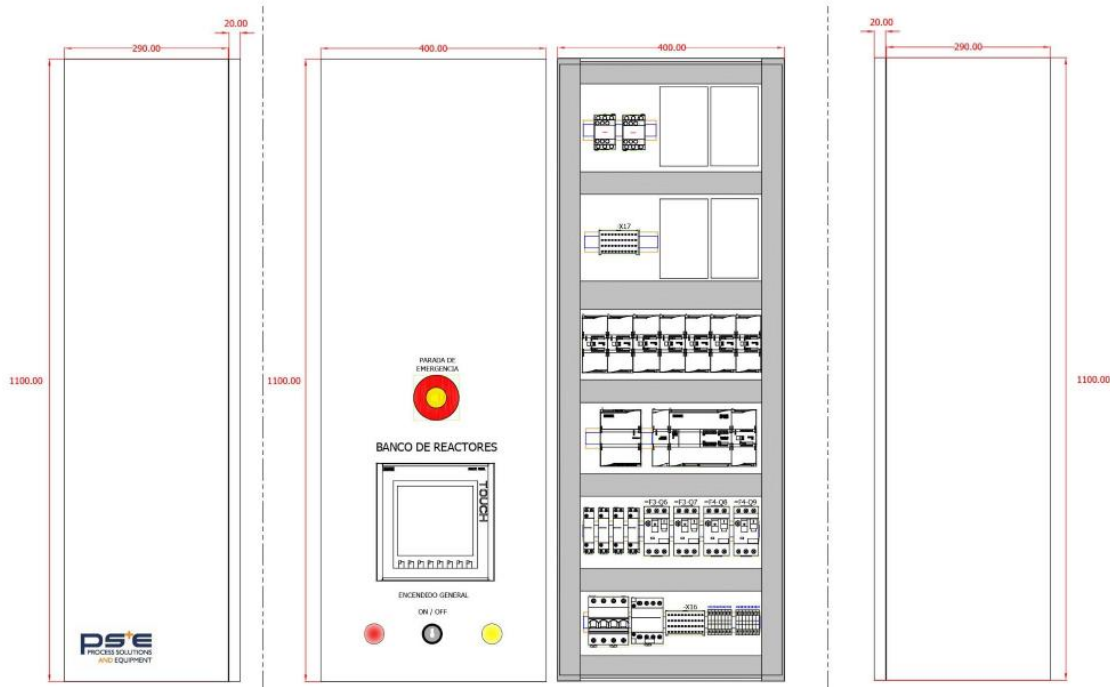
Esquema simplificado del tablero de control del tren de evaporadores.



Nota. Imagen del esquema del tablero de control. Tomada de Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

Figura 54.

Dimensiones simplificadas del tablero de control del tren de evaporadores.



Nota. Imagen del esquema del tablero de control. Tomada de Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

El tablero de control está dividido en dos partes equipadas con pequeñas piezas como placas, conectores o cables. Una de ellas consiste en controlar y ejecutar todos los movimientos según las instrucciones que recibe el aparato. La otra hace referencia a la potencia, en la que se controlan los niveles de corriente y tensión que accionan la máquina de tracción. [48]

El tablero de control del tren de evaporadores está construido en acero inoxidable 304 y proporciona los siguientes elementos:

- Una pantalla HMI para el monitoreo y control general de todas las variables de proceso en cada una de las configuraciones de operación del equipo (Simple efecto, doble efecto, triple efecto, forzada y mixto) y su respectivo almacenamiento para su posterior análisis.

- En su interior consta de drivers de potencia para el control de los actuadores como lo son variadores de frecuencia y relés de estado sólido.
- Una unidad de control lógico programable SIMATIC S7-1200 1214C con los correspondientes módulos de comunicación y adecuación de señales.
- Protecciones termomagnéticas de subsistemas.
- Un sistema totalizador.
- Cuenta con alarmas sonoras en las condiciones de mínimo y máximo nivel de los evaporadores.

Permite energizar todas las bombas del sistema y establecer el caudal en las bombas centrifugas.

2.5.7.h. Estructura.

Figura 55.

Foto de la estructura del tren de evaporadores.



Nota. La foto de la estructura fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Estructura modular construida en acero montada sobre ruedas para su fácil desplazamiento.

3. REQUISITOS DE SEGURIDAD Y OPERACIÓN DE EQUIPOS CON POTENCIAL APLICACIÓN AL CETA

3.1. Referentes conceptuales y metodológicos

El desarrollo de este proyecto de investigación se ha apoyado conceptual y metodológicamente en una serie de revisiones bibliográficas que han proporcionado información sobre los avances e implementación de la validación y estandarización de equipos en plantas piloto, específicamente en plantas piloto con condiciones similares a la del CEPIIS.

Para ello se tuvo en cuenta la tesis presentada como trabajo de grado para optar al título de ingenieros en Automatización de Johan Sebastián Castillo Castellanos y Carlos Gilberto Rodríguez Murcia de 2021, actualmente ingenieros egresados de la Universidad Jorge Tadeo Lozano: DISEÑO DE LA INGENIERÍA EN DETALLE PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA UNIDAD DE EXTRACCIÓN MULTIPROPÓSITO PARA PRÁCTICAS NO PRESENCIALES / ENGINEERING DESIGN IN DETAIL FOR THE POTENTIATION OF THE MULTIPURPOSE EXTRACTION UNIT IN NON PRESENTIAL PRACTICES [28]. Esta tesis se enfoca en el análisis del funcionamiento de la unidad de extracción multipropósito, para el diseño de la repotenciación con miras a tener una unidad funcional y eficiente para las prácticas en ingeniería de manera no presencial. Su metodología propone generar inicialmente un diagnóstico del estado actual de la unidad de extracción multipropósito, seguido de la realización de un diseño de instrumentación y elementos requeridos para el control y monitoreo de la unidad de extracción. Esta metodología tuvo incidencia en el proyecto en curso, como base para la verificación de variables de operación de las unidades de la zona CETA a partir de la simulación de los equipos con diferentes escenarios de operación de forma remota, contribuyendo al planteamiento del diseño de plan de validación de los equipos desde los aspectos operativos y de seguridad.

Así mismo, la tesis presentada como trabajo de grado para optar al título de ingenieros químicos de Francisco Javier González Chaves y Elizabeth Mora Quiroz de 2019, actualmente ingenieros egresados de la Fundación Universidad de América: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO PARA EL DIAGNÓSTICO DEL BANCO DE REACTORES DE LA PLANTA PILOTO DE LA FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA BAJO LAS CONDICIONES DE DISEÑO Y

OPERACIÓN ESTABLECIDAS POR EL FABRICANTE [8], aportó información detallada de los protocolos de operación, requerimientos de instalación y operación del banco de reactores de la zona CETA de la planta piloto de la Universidad de América.

Por otra parte, la tesis presentada como trabajo de grado para optar al título de ingeniero Químico de Luis Eduardo Ayala Padilla, actualmente ingeniero egresado de la Fundación Universidad de América bajo el título: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO PARA EL DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE PLANTA DE EVAPORACIÓN BAJO CONDICIONES DE DISEÑO ESTABLECIDAS POR EL FABRICANTE [29], permitió obtener información del tren de evaporadores incluido en la zona CETA del CEPIIS, detalles de los protocolos de operación, requerimientos de instalación y operación del equipo en mención.

3.2. Seguridad industrial orientada a plantas de procesos

3.2.1. Condiciones generales de seguridad en la industria

Dentro de la normatividad requerida para el buen funcionamiento de la zona CETA y los lineamientos legales necesarios para el control y operatividad de los procesos en planta, se especifica la regulación actual para:

3.2.1.a. Normatividad para la seguridad en el trabajo y el medio ambiente.

- Ley No. 1562 del 11 de Julio del 2012.

De acuerdo con la Ley No. 1562 del 11 de Julio del 2012, por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional, se establece según el Artículo 13. Afiliados. Son afiliados al Sistema General de Riesgos Laborales. A.) en forma obligatoria, que se aplica el punto 4: Los estudiantes de todos los niveles académicos de instituciones educativas públicas o privadas que deban ejecutar trabajos que signifiquen fuente de ingreso para la respectiva institución o cuyo entrenamiento o actividad formativa es requisito para la culminación de sus estudios, e involucra un riesgo ocupacional, de conformidad con la reglamentación que para el efecto se expida dentro del año siguiente a la publicación de la presente ley por parte del Ministerio de Salud y Protección Social. [30]

- Ley No. 1562 del 11 de Julio del 2012.

De acuerdo con la Ley No. 1562 del 11 de Julio del 2012, por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional, se establece según el Artículo 66. Supervisión de las empresas de alto riesgo. Las Entidades Administradoras de Riesgos Laborales y el Ministerio de Trabajo, supervisarán en forma prioritaria y directamente o a través de terceros idóneos, a las empresas de alto riesgo, especialmente en la aplicación del Programa de Salud Ocupacional según el Sistema de Garantía de calidad, los Sistemas de Control de Riesgos Laborales y las Medidas Especiales de Promoción y Prevención. Aplicando en planta que las empresas donde se procesen manipulen o se trabaje con sustancias tóxicas o cancerígenas o con agentes causantes de enfermedades incluidas en la tabla de enfermedades laborales de que trata el artículo 30 de la presente ley, deberán cumplir con un número mínimo de actividades preventivas de acuerdo con la reglamentación conjunta que expida el Ministerio del Trabajo y de Salud y Protección Social. [30]

- Ley No. 842 del 9 de octubre del 2003.

De acuerdo con la Ley No. 842 del 9 de octubre del 2003, por la cual se modifica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, se adopta el Código de Ética Profesional y se dictan otras disposiciones, se establece según el Artículo 33. Deberes especiales de los profesionales para con la sociedad. Son deberes especiales de los profesionales para con la sociedad: La aplicación del literal d.) Estudiar cuidadosamente el ambiente que será afectado en cada propuesta de tarea, evaluando los impactos ambientales en los ecosistemas involucrados, urbanizados o naturales, incluido el entorno socioeconómico, seleccionando la mejor alternativa para contribuir a un desarrollo ambientalmente sano y sostenible, ¡con el objeto de lograr la mejor calidad de vida para la población; la aplicación del literal e) Rechazar toda clase de recomendaciones en trabajos que impliquen daños evitables para el entorno humano y la naturaleza, tanto en espacios abiertos, como en el interior de edificios, evaluando su impacto ambiental, tanto en corto como en largo plazo; la aplicación del literal i) Abstenerse de emitir conceptos profesionales, sin tener la convicción absoluta de estar debidamente informados al respecto. [31]

- Ley No. 9 del 24 de enero de 1979 Artículo 1.

De acuerdo con la Ley No. 9 del 24 de enero de 1979, de la protección del medio ambiente, se establece según el artículo 1. Para la protección del Medio Ambiente la presente Ley establece: La aplicación del literal b) Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente. [32]

- Ley No. 9 del 24 de enero de 1979 Artículo 10.

De acuerdo con la Ley No. 9 del 24 de enero de 1979, de la protección del medio ambiente, se establece la aplicación del Artículo 10 que predica. Todo vertimiento de residuos líquidos deberá someterse a los requisitos y condiciones que establezca el Ministerio de salud. teniendo en cuenta las características del sistema de alcantarillado y de la fuente receptora correspondiente. [32]

- Ley No. 18 del 19 de febrero de 1976.

De acuerdo a la Ley No. 18 del 19 de febrero de 1976, “Por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de Ingeniero Químico en el país, reconocida por el Ministerio de Educación Nacional.” se establece la aplicación del Artículo 6 que se refiere a: Las entidades o sociedades industriales o comerciales o de investigación, cuyas actividades estén relacionadas con la Ingeniería Química, deberán contar con los servicios de dedicación total o parcial, según lo estipule el decreto reglamentario de la presente Ley, de por lo menos un Ingeniero Químico de nacionalidad colombiana, que posea matrícula o título según el caso. Parágrafo. Para efectos legales del presente artículo se consideran entidades o sociedades comerciales o industriales o de investigación, a que se refiere al artículo anterior, aquellas cuyas actividades estén directamente relacionadas con el ejercicio de la profesión de Ingeniero Químico, contemplado en el artículo primero de la presente Ley y su parágrafo. [33]

3.2.1.b. Normatividad para el uso de líneas de vapor y de agua.

- NTC 1500.

Según la NTC 1500, para el correcto funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable en Colombia se debe tener en cuenta para el diseño, identificación, orientación, estudio y correcto diseño de una red hidrosanitaria:

Las redes de aguas lluvias, desagüe sanitario e industriales deben ser de forma independientes.

Los puntos hidráulicos deben poseer una tubería de 0.30 m de forma vertical que garantice una cámara de aire y sirvan de protección a las tuberías de agua fría y caliente para que no se rompan.

[34]

3.2.1.c. Aspectos de seguridad y operativos relativos a equipos de reacción química de escala semi industrial.

- Reactores de procesos químicos de escala piloto.

La selección del reactor dependiendo del tipo de producción (continua o discontinua) y la naturaleza de la reacción indicará las condiciones de seguridad de operación.

Determinar la condición exotérmica o endotérmica. En los reactores donde se producen reacciones exotérmicas, un aspecto importante es la obstrucción de las paredes o los tubos internos causada por el refrigerante utilizado para mantener la temperatura. El método de eliminación de los materiales atascados se realiza de distintas formas, y está en función de sus características: con un disolvente, un chorro a alta presión o, en algunos casos, manualmente. En cualquier caso, deben controlarse cuidadosamente la seguridad y la exposición. El movimiento de los materiales dentro y fuera del reactor no debe permitir la entrada de aire, que puede formar una mezcla de vapor inflamable. El vacío debe romperse con un gas inerte (p. ej., nitrógeno). La entrada al recipiente para inspección y otros trabajos debe considerarse como entrada en un espacio confinado, debiéndose observar las normas y procedimientos para esta operación. Deben conocerse la toxicidad cutánea y por inhalación, y los técnicos deben conocer los riesgos para la salud. [35]

Establecer los criterios sobre reacciones incontroladas para instalar sensores y controles que lo impidan.

Antes de poner en funcionamiento un reactor a pleno rendimiento, investigar y elaborar procedimientos de emergencia que garanticen la contención segura de la reacción incontrolada, disponiendo de un equipo de control de emergencia que se active automáticamente o inyectando productos químicos que detengan la reacción y contar con dispositivos de purga que puedan adaptar y controlar el contenido del reactor. [35]

Inspeccionar las válvulas de seguridad y la purga instalando varias válvulas de seguridad con dispositivos de enclavamiento para permitir que no se reduzca la capacidad de protección requerida durante el mantenimiento de una válvula. Si, debido a un fallo en el funcionamiento, hay escapes por una válvula o boquilla de seguridad, el efluente de descarga debe ser contenido en prácticamente todos los casos para reducir al mínimo los riesgos para la seguridad y la salud. [35]

Estudiar cuidadosamente el método de contención de las descargas de emergencia mediante tuberías y la disposición final de la descarga del reactor.

Los reactores de lecho fijo tienen lechos sencillos y múltiples, mientras que las reacciones que en ellos se producen pueden ser exotérmicas o endotérmicas, y en su mayor parte requieren una temperatura constante (isoterma) en cada lecho. Ello exige, por regla general, la inyección de flujos de alimentación o un diluyente en distintos lugares entre los lechos para controlar la temperatura. Con estos sistemas de reacción, la indicación de temperatura y la localización de los sensores en los lechos son muy importantes para prevenir una reacción incontrolada y cambios en el rendimiento o la calidad del producto. [35]

Los lechos fijos normalmente pierden su actividad y deben ser regenerados o sustituidos. Para su regeneración, los depósitos del lecho deben ser eliminados mediante combustión, disueltos en un disolvente o, en algunos casos, regenerados mediante la inyección de un producto químico en un fluido interno en el lecho, restableciendo así la actividad catalítica. La aplicación de una u otra técnica está en función del catalizador. Cuando se queman los depósitos, el reactor se vacía y purga de todos los fluidos del proceso, y después se llena con un gas inerte (por lo común, nitrógeno) que se calienta y recircula, aumentando el lecho a un nivel de temperatura determinado. En este

punto se añade un volumen muy pequeño de oxígeno al flujo de entrada para iniciar un frente de llama que se mueve gradualmente a través de todo el lecho y controla el aumento de la temperatura. [35]

Se necesitan sistemas limitadores de presión para mantener la integridad del recipiente, de manera que impidan la sobrepresión del reactor. Las descargas de las válvulas limitadoras deben estar cuidadosamente diseñadas para mantener una protección adecuada en todas las condiciones, incluido su mantenimiento. Es posible que ello requiera muchas válvulas. Si una válvula limitadora está diseñada para descargar en la atmósfera, el punto de descarga debe situarse por encima de todas las estructuras próximas y debe realizarse un análisis de dispersión para asegurar una protección adecuada de los trabajadores y las comunidades vecinas.

La inflamabilidad y el control de la exposición de los reactivos debe revisarse cuidadosamente en cada etapa, incluida la disposición final de la mezcla del reactor. [35]

- Evaporadores e Intercambiadores de calor de escala piloto

En los intercambiadores de calor de placas, las placas se deben comprimir adecuadamente para asegurar un sellado correcto entre ellas. En consecuencia, es necesario una instalación mecánica cuidadosa para prevenir las fugas y los posibles riesgos.

Los intercambiadores de calor acorazados y de tubo a veces desarrollan fugas a través de cualquiera de las bridas, la fuga de la brida puede controlarse con anillos obturadores.

Para limpiar un intercambiador de calor, el fluido del proceso se debe drenar hacia un recipiente, y el material restante se rocía a chorro fuera del intercambiador con un disolvente o material inerte. Este último se envía también a un recipiente para material contaminado drenando o presurizando con nitrógeno. [35]

3.2.1.d. Uso de catalizadores.

Para retirar los catalizadores de lecho fijo se deben drenar los fluidos del proceso de los reactores y a continuación el fluido remanente se desplaza con un chorro de líquido o se purga con un gas hasta que se haya eliminado todo el fluido del proceso. Es posible que el purgado final requiera

otras técnicas antes de que el recipiente se pueda purgar con un gas inerte o aire, tras lo cual se abre el recipiente o se descarga el catalizador del recipiente bajo una capa inerte. Si en este proceso se utiliza agua, ésta se drena a través de tuberías cerradas hasta un desagüe.

Algunos catalizadores son sensibles al aire o al oxígeno, haciéndose pirofóricos o tóxicos. Estos requieren procedimientos especiales para eliminar el aire durante el llenado o vaciado de los envases. Se deben definir cuidadosamente los procedimientos de protección personal y de manipulación para reducir al mínimo las exposiciones y proteger al personal. La eliminación del catalizador consumido puede requerir otros tratamientos antes de enviarlo al fabricante para su reciclado o someterlo a un procedimiento de eliminación ecológico. [35]

3.2.2. Condiciones generales de seguridad en la zona CETA

Figura 56.

Reglamento de higiene y seguridad industrial Universidad de América.



Universidad de América
Fundada 1963 1975

Reglamento de higiene y seguridad industrial

NIT 860.006.806 - 7

Dirección: Avenida Circunvalar N° 20 – 53. Ciudad: Bogotá D.C. Teléfono: 3376680. Clase de Riesgo: I (Uno) II (Dos)
ARL: ARL SURA PÓLIZA No 094012068 Cód. actividad: 1804501. Act. Económica: Educación Superior

SEDE
EcoCampus de los Cerros
Av. Circunvalar 20 - 53
Teléfono: 3376680

SEDE
Norte
Cil. 106 N° 19 - 18
Teléfono: 2141139

SEDE
Casa de los Derechos del Hombre Antonio Nariño
Cil. 10 N° 6 - 44
Teléfono: 2433647

SEDE
Museo de Trajes Típicos de Colombia
Cil. 10 N° 6 - 18
Teléfono: 2826531

SEDE
Casa del Ciudadano Eduardo Santos
Cil. 10 N° 4 - 49
Teléfono: 3418251

SEDE
Sede Administrativa y Financiera
Cil. 76 N° 10 - 44
Teléfono: 3473777

LA FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA, EN CUMPLIMIENTO A LAS LEYES COLOMBIANAS EN TERMINOS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO Y BAJO LOS PRINCIPIOS QUE RIGE A LA MISMA, PRESCRIBE EL SIGUIENTE REGLAMENTO CONTENIDO EN LOS SIGUIENTES TERMINOS:

Factor de riesgo	Clasificación del peligro
Riesgo Biológico	<ul style="list-style-type: none"> * Virus, hongos, bacterias, protozoos, mordeduras * COVID - 19 SARS - CoV 2, posibilidad de contagio al virus SARS-CoV2, infección respiratoria aguda, enfermedad pulmonar crónica, neumonía o muerte.
Riesgo Físico	<ul style="list-style-type: none"> * Discomfort térmico (frio y calor) * Ruido * Iluminación (luz visible por exceso o deficiencia) Radiaciones no ionizantes (láser, ultravioleta infrarrojo) * Vibración (suspensión entera, segmentaria)
Riesgo Químico	<ul style="list-style-type: none"> * Gaseosos * Gases y vapores * Polvos
Riesgo Psicosocial	<ul style="list-style-type: none"> * Factores intralaborales * Factores extralaborales * Factores individuales
Riesgo Biomecánico	<ul style="list-style-type: none"> * Carga dinámica por esfuerzos, movimientos repetitivos y subdesarrollo de la voz * Carga estática de pie y sentado * Mala postura * Manipulación manual de cargas
Condiciones de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> * Uso de equipos, máquinas y herramientas, elementos en movimiento, superficies calientes, superficies cortantes o abrasivas.
Riesgo Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> * Baja y media tensión, energía estática.
Riesgo Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> * Condiciones de pisos, paredes, escaleras, orden y aseo, deficiencias en vías, cables, tendidos, posibles fallas estructurales.
Riesgo Locativo	<ul style="list-style-type: none"> * Sustancias inflamables y combustibles, recipientes y sistemas a presión
Riesgo Público	<ul style="list-style-type: none"> * Robos, ataques, asaltos, atentados, desorden público, etc.
Accidentes de tránsito	<ul style="list-style-type: none"> * Tránsito transporte y movilización de personas
Trabajos de alto riesgo	<ul style="list-style-type: none"> * Trabajo en caliente, trabajo en altura, espacios confinados
Fenómenos Naturales	<ul style="list-style-type: none"> * Terremoto / Sismo, incendios forestales, derrumbes, deslizamientos, descarga eléctrica, vendavales granizadas etc.
Deportes y otras actividades	<ul style="list-style-type: none"> * Actividad Deportiva

ARTÍCULO 1.- Se compromete a dar cumplimiento a las disposiciones legales vigentes tendientes a garantizar los mecanismos que aseguren una adecuada y oportuna prevención de los accidentes de trabajo y enfermedades laborales de conformidad con los artículos 34, 57, 58, 108, 205, 206, 217, 220, 221, 282, 283, 348, 349, 350 y 351 del Código Sustantivo del Trabajo, la Ley 9a. de 1979, Resolución 2400 de 1979, Decreto 614 de 1984, Decreto 93 de 1998, Decreto 2811 de 1974, Resolución 2346 de 2007, Resolución 2013 de 1986, Resolución 6390 de 1991, Decreto 1295 de 1994, Ley 962 de 2005, Ley 1010 de 2006, Resolución 734 de 2006, Resolución 1401 de 2007, Resolución 2646 de 2008, Ley 1562 de 2012, Ley 1566 de 2012, Resolución 1409 de 2012, Resolución 1565 de 2014, Decreto 1072 de 2015, y demás normas que con tal fin se establezcan.

ARTÍCULO 2.- Se compromete a promover y garantizar la constitución y funcionamiento del Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo, de conformidad con lo establecido en el Decreto 614 de 1984, Resolución 2013 de 1986, Decreto 1295 de 1994 y Decreto 1072 de 2015.

ARTÍCULO 3.- Destinar y garantizar los recursos necesarios para desarrollar actividades permanentes de conformidad con el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado de acuerdo a la Ley 1562 de 2012 y Decreto 1072 de 2015, el cual contempla como mínimo las siguientes etapas y aspectos dentro del ciclo de mejoramiento continuo (PDVA):
Planificar: Planificación de las acciones para el mejoramiento de la seguridad y salud de los trabajadores y demás partes involucradas, identificando las necesidades y determinando la forma para solucionarlas.
Hacer: Garantizar que lo planteado en la planificación se ejecute en los términos establecidos.
Verificar: Revisar que los procedimientos y acciones implementados están consiguiendo los resultados deseados.
Actuar: Realizar acciones de mejora para obtener los mayores beneficios en la seguridad y salud de los trabajadores.
 Estas acciones están orientadas en promover y mantener un grado de bienestar digno de los trabajadores, previniendo daños a la salud, minimizando la morbilidad y gestionando el peligro al cual se encuentran expuestos los trabajadores en la ejecución de sus labores.

ARTÍCULO 4.- Una vez realizada la identificación de peligros, valoración y evaluación de riesgos presentes en la institución, se establecen los siguientes:

PARÁGRAFO.- Con el propósito de lograr los objetivos y metas del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo y en procura que los peligros identificados, no se expresen en Accidente de Trabajo o en Enfermedad Laboral, la Fundación Universidad de América, gestionará acciones de intervención frente a los peligros, encaminadas a la eliminación, sustitución, controles de ingeniería, señalización, controles administrativos o equipos de protección personal, de conformidad con lo estipulado en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo.

ARTÍCULO 5.- La Fundación Universidad de América, sus trabajadores y demás partes interesadas darán estricto cumplimiento a las disposiciones legales existentes en Colombia, así como a las normas que se adopten para lograr la implementación y ejecución del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, y que sean concordantes con el presente Reglamento.

ARTÍCULO 6.- La Fundación Universidad de América, dentro de su estrategia ha definido procesos de inducción, reinducción y capacitación continuada, generando conocimiento a los trabajadores y demás interesados, sobre los peligros existentes, las medidas de prevención y seguridad que exige el medio ambiente laboral y el trabajo específico que realiza.

ARTÍCULO 7.- Este reglamento permanecerá exhibido, en un lugar visible de la FUA y sus contenidos se darán a conocer en diferentes procesos de socialización o sensibilización al personal.

ARTÍCULO 8.- El presente reglamento entra en vigencia a partir de su aprobación, publicación y durante el tiempo que la Fundación Universidad de América conserve sin cambios sustanciales, las condiciones existentes en el momento de su aprobación, tales como actividad económica, servicios, instalaciones locativas o cuando se dicten disposiciones gubernamentales que modifiquen las normas del Reglamento o que limiten su vigencia.

Nota. Póster del Reglamento de higiene y seguridad industrial, factores de riesgo y clasificación del peligro de la Universidad de América, Tomado de Universidad de América, “Sistemas Integrados de gestión (Acerca de Nosotros)”.

Dentro de las consideraciones generales de seguridad de la planta CEPIIS, se debe tener en cuenta el reglamento de higiene y seguridad industrial que la Universidad de América prescribe en cumplimiento a las leyes colombianas en términos de seguridad y salud en el trabajo aplicado a todas sus sedes. En virtud del reglamento, el plan de validación de equipos de la zona CETA se regirá bajo los factores de riesgo advertidos en el reglamento y operará de acuerdo con la clasificación de peligro establecida para cada uno de ellos.

Igualmente, PS&E S.A.S, empresa proveedora de los equipos, ofrece unas consideraciones de seguridad para las zonas donde se van a operar las unidades para generar ambientes adecuados y óptimos para el funcionamiento de los equipos. La zona CETA por sus siglas: Centro de transformación y adecuación de la planta debe estar permeada por cada una de ellas.

- No se debe operar el sistema a una capacidad mayor a la de diseño. Esto aplica para bombas, válvulas, tanques, etc.
- No se debe desactivar una alarma porque es “molesta”, siempre deben estar activas en caso de emergencia.
- El trabajo en cada equipo de la zona CETA requiere de por lo menos dos personas para su operación.
- Todo el personal que se encuentre manejando u operando los equipos de la zona CETA, junto con el personal que tiene acceso a la planta debe estar familiarizado con el contenido del manual del proveedor y fabricante PS&E de cada equipo, especialmente las instrucciones de Salud y Seguridad, para ello se exponen las convenciones de los diferentes riesgos que se pueden presentar en la zona CETA.

Especificaciones generales.

Todas las áreas de la zona CETA deben cumplir las regulaciones de seguridad. Todos los procedimientos realizados en los equipos deben estar acordes a las buenas prácticas de planta piloto.



Peligro de explosión

La operación del equipo puede implicar la utilización de vapores a alta presión que en caso de una inadecuada operación pueden ser liberados súbitamente.



Riesgo eléctrico

El equipo funciona por suministro de corriente eléctrica de alto amperaje.



Superficies calientes

En funcionamiento el equipo puede alcanzar temperaturas que pueden causar quemaduras.



Riesgo de caída de objetos

El mantenimiento del equipo requiere del uso de herramientas que pueden causar daño si se precipitan al suelo.



Peligro de ruido

Los equipos de la zona pueden llegar a producir ruidos altos si no se hace su respectivo mantenimiento, ocasionando estrés o pérdida auditiva.



La información de los posibles riesgos físicos y químicos fue suministrada por [37] [38].

3.2.3. Recomendaciones de la zona

- Mantener las máquinas y piezas que están en permanente movimiento con sus protecciones correspondientes. Evite entrar en contacto con ellas.
- Realizar labores de mantención y revisión sólo con las máquinas detenidas y con la respectiva señalización.
- Si usted es el operador, antes de poner en funcionamiento asegúrese que el procedimiento a emplear sea el correcto.
- Evite correr y/o hacer bromas en los recintos de la planta especialmente en áreas de equipos en movimiento.
- Mantener el lugar de trabajo en buenas condiciones, limpio y ordenado. Tomar las debidas precauciones si debe transitar por superficies húmedas o resbaladizas.
- Cuando manipule líquidos peligrosos (ácidos, álcalis, solventes, etc.) use el equipo de protección personal para ojos y manos. Consulte con su profesor.
- Mantener las entradas y salidas despejadas, en caso de evacuación cualquier obstáculo puede llegar a ser letal.
- No calentar recipientes cerrados, esta actividad puede generar explosiones que afecten a la zona.
- No portar líquidos inflamables, portar estos hace más probable la accidentalidad por causa de incendios o explosiones.
- Mantener despejada la zona de seguridad del extintor, botiquín y camilla.
- Mantener buena iluminación en la zona, si es deficiente debe ser reportada inmediatamente.
- Solo el personal capacitado puede hacer uso de los equipos.
- El mantenimiento eléctrico de las unidades solo puede ser hecho por un electricista capacitado.

La información de las recomendaciones de seguridad de la zona fue suministrada por [39] [40].

3.2.4. Recomendaciones de orden personal para operadores en la zona CETA

- Se debe trabajar siempre con ropa abotonada, idealmente con bata blanca que cubra la mayor parte del cuerpo del operario, overol y/o pechera para contacto con elementos calientes.
- El calzado debe ser cerrado.
- El cabello debe usarse recogido todo el tiempo.
- No se deben usar accesorios, collares, corbatas, bufandas, pulseras, anillos u otros objetos que puedan ocasionar un riesgo adicional.
- No se debe tomar alimentos en esta zona.
- Se deben mantener despejadas las zonas de circulación, entrada, y salida de los sectores de trabajo.
- Prestar atención a su higiene personal, debido al riesgo de contaminación en la manipulación de productos.
- No fumar dentro de las instalaciones, ya que se puede generar algún incendio.
- Respetar vías peatonales y normas de tránsito en la planta.

La información de las recomendaciones de orden personal de la zona fue suministrada por [39] [40].

3.2.5. *Elementos de Protección Personal*

- **Cabeza:** De ser necesaria se utilizará el casco seleccionado por personal idóneo.
- **Auditivos:** Todo ambiente de trabajo cuyo nivel sonoro continuo equivalente supere los 90 dB.
- **Oculares:** El uso de anteojos recetados no exime la responsabilidad de usar gafas o cubre caras en la zona. No se considera a los lentes de contacto como substitutos de los dispositivos de Seguridad. Los elementos de seguridad oculares deben ser livianos, no inflamables, de fácil limpieza y no deben estar rayados obstruyendo la visibilidad.
- **Respiratorios:** La presencia de humo, gases y vapores encerrados, constituyen un peligro en la planta. Para la zona CETA, donde se encuentran los equipos de reacción química del CEPIIS, el tren de evaporadores puede generar vapores tóxicos, por lo cual es indispensable el uso de máscara contra gases tóxicos.
- **De manos y pies:** Se deben usar guantes de carnaza para el uso de los reactores, específicamente para la toma de muestras de mezcla en los reactores. Debe usarse botas de goma, debido a la naturaleza de los reactivos que pueden interactuar en las reacciones químicas.

La información de las recomendaciones de elementos de protección personal de la zona fue suministrada por [39] [40].

3.2.6. Seguridad eléctrica en la zona CETA

Toda la distribución de potencia, paneles de control e instrumentos en la planta operan con una carga eléctrica peligrosa, que pueden lesionar o aun causar la muerte al personal. La operación adecuada y el mantenimiento reducen significativamente el riesgo.

Únicamente un electricista calificado puede realizar mantenimiento y reparación de los componentes eléctricos.

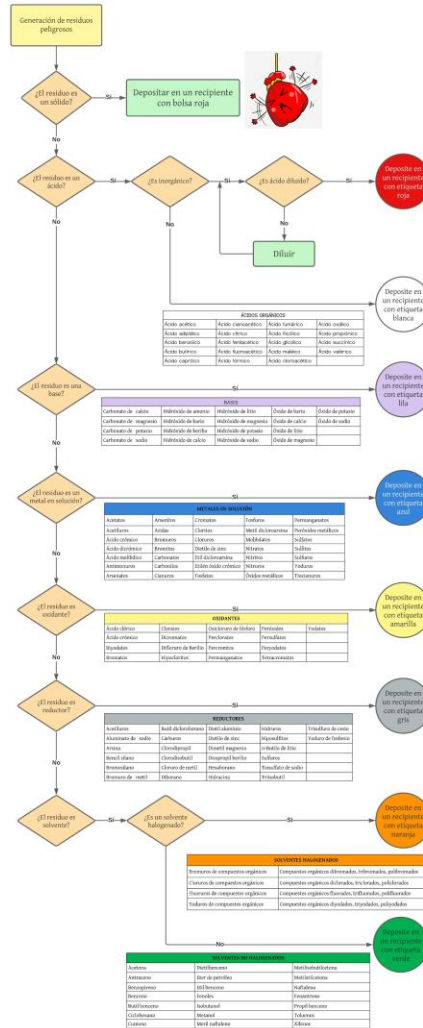
Debe informarse si existe presencia de chispa, sobrecalentamiento o defectos en los circuitos, conductores o equipos eléctricos; fusibles quemados o el “salto” de un interruptor de corriente, entre otros, son indicadores de un riesgo potencial existente. La causa de la sobrecarga se debe determinar y solucionar antes de retornar el equipo a servicio.

La información de la seguridad eléctrica de la zona fue suministrada por [39] [40].

3.2.7. Manejo de residuos en el CETA

Figura 57.

Flujo grama del manejo de residuos en el CETA.



Nota. Flujo grama del manejo de residuos tomado de L. M. Gonzalez Duarte, C. V. Sánchez Muñoz, " PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE LOS MANUALES DE OPERACIÓN PARA EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y ADECUACIÓN (CETA) DEL CENTRO DE PROCESOS E INNOVACIÓN PARA LA INDUSTRIA SOSTENIBLE (CEPIIS)" y Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) – Universidad de América, “Higiene y seguridad industrial”.

Para ver de mejor manera este diagrama.

https://manualescepiisfua.weebly.com/uploads/1/4/3/8/143895930/flujoograma_residuos.pdf

Este diagrama fue proporcionado por nuestras compañeras de trabajo encargadas de hacer los manuales de operación del CETA [41], el cual también puede ser encontrado en la página web del CEPIIS [42], en este diagrama podemos ver más detalladamente el flujo del correcto manejo de residuos que se debe seguir al momento de utilizar los equipos en el CETA.

3.3. Unidades con potencial aplicación al CETA

3.3.1. *Universidad Nacional de Colombia*

Figura 58.

Instalaciones de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.



Nota. Fotografía de la visita a la planta piloto de la universidad Nacional de Colombia por parte de los integrantes del CEPIIS el 25 de octubre de 2022. Tomas fotográficas hechas por el equipo CEPIIS.

Figura 59.

Ficha de seguridad de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

<h1>FICHA DE SEGURIDAD</h1>		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO QUÍMICA Y AMBIENTAL LABORATORIO DE BIOPROCESOS	
<h2>1. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</h2>			
 USO OBLIGATORIO DE GAFAS	 USO OBLIGATORIO DE MASCARILLA	 USO OBLIGATORIO DE BATA	 USO OBLIGATORIO DE GUANTES
<h2>2. NORMAS GENERALES DENTRO DEL LABORATORIO</h2>			
<ol style="list-style-type: none">En las áreas de laboratorio no se consumirá alimentos, bebidas, ni se fumará.No se deben tener uñas largas, ni usar aretes o aros grandes y se debe portar el cabello recogido sea hombre o mujer.Bajo ningún motivo se almacenarán alimentos, medicamentos de uso personal, elementos de aseo personal en los refrigeradores, neveras y muebles que sean empleados para guardar sustancias químicas, suministros y herramientas, material biológico.Es responsabilidad del usuario dejar el espacio de trabajo ordenado y retornar los elementos o equipos de trabajo en su lugar.Es responsabilidad del usuario asegurar el buen uso de los equipos, instrumentos, reactivos, solventes, muestras, herramientas y utensilios que estén siendo utilizados por este.Es responsabilidad del usuario asegurar la buena segregación y disposición de residuos después de cada práctica.El uso de los equipos del laboratorio, manuales, y demás implementos fuera del laboratorio, se realizará con el aval respectivo del Coordinador de laboratorio.Antes de hacer uso de los diferentes equipos es necesario:<ol style="list-style-type: none">Conocer las especificaciones técnicas e instrucciones del equipo a utilizar para evitar dañarlo, así como manejar con cuidado y con todas las precauciones requeridas reactivos y solventes.Avisar en cualquier caso si se presenta una anomalía con su funcionamiento.Después de utilizar un equipo, reactivo, muestras, solventes, instrumentos y materiales, dejar todo organizado en su sitio, para una posterior utilización por parte de los integrantes del laboratorio.Al finalizar su uso, los equipos empleados deben apagarse, desconectarse, y los elementos lavarlos y guardarlos (según el caso) y dejar los mesones de las zonas utilizadas limpias y organizadas.Todas las sustancias y materiales deben estar debidamente identificadas.Técnicas de seguridad sobre las sustancias químicas antes de su uso, con el fin de conocer su grado de peligrosidad, uso correcto y las medidas que deben tomarse en caso de accidente.Cuando se manipulen sustancias altamente tóxicas emplear careta protectora y bajo una campana de extracción de gases.Evitar emplear sustancias de las cuales no se conocen bien sus características, con el fin de evitar accidentes.No se podrán verter ninguna sustancia peligrosa a la red de alcantarilladoLos residuos y líquidos contaminados de los laboratorios no podrán ser vertidos por los desagües, sifones y tuberías.Nunca trabajar solo en las áreas de pruebas.Diligenciar completamente los registros que permitan garantizar un adecuado montaje antes de realizar la prueba.			
<h2>3. RIESGOS PELIGROS EN EL LABORATORIO</h2>			
Riesgos físicos Golpes con objetos móviles e inmóviles (cajones abiertos, sillas, puertas, etc.). Caídas de objetos en manipulación. Cortes, heridas y arañazos con objetos o herramientas (aristas puntiagudas, cuchillos, tijeras, otros objetos punzantes). Exposición a temperaturas.			
Riesgos Químico Dentro del laboratorio se utiliza sustancias químicas con las siguientes características: Reactivos Químicos Corrosivos, Gases, Sustancias Químicas Tóxicas, Sustancias Inflamables, Sustancias Biológicas y/o Sustancias Carcinógenas.			
 PELIGRO RIESGO QUÍMICO	 PELIGRO RIESGO BIOLÓGICO	 PELIGRO SUSTANCIAS CORROSIVAS	
LABORATORIO DE BIOPROCESOS (B-ING-L006) Edificio 412- Piso 1, Salón 116 - Laboratorio de Ingeniería Química Ciudad Universitaria Bogotá, Colombia Teléfono: (57) (1) 3165000 Ext.: 14314 / 14101			

Nota. Ficha de seguridad expuesta a la entrada de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Figura 60.

Unidades de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.



Nota. Fotografías de algunas unidades y equipos de la visita a la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Tomas fotográficas hechas por el equipo CEPIIS.

El trabajo de campo a la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, se llevó a cabo mediante una visita el día 25 de octubre de 2022 a la planta piloto y los diferentes laboratorios de la facultad de ingenierías de la universidad, con el objetivo de encontrar información de seguridad y operación de los equipos de reacción química aplicable a la Planta piloto CEPIIS de la Universidad de América. En la investigación se pudo evidenciar diferentes metodologías de operación, distribución de los equipos por zonas, usos y parámetros de seguridad y a partir de esta información se realizó un DOFA que reúne las características más destacadas a favor de nuestro proyecto.

Figura 61.

DOFA fortalezas y oportunidades de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia.

DOFA DE LA PLANTA PILOTO UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ	
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>La Universidad nacional cuenta con equipos a escala semi industrial e industrial y de laboratorio para actividades de docencia, investigación y extensión.</p> <p>La universidad tiene planta piloto además de los laboratorios, los cuales tienen restricción de ingreso por medio de vigilancia exclusiva para los mismos.</p> <p>La planta piloto contiene equipos de antigua y nueva generación, lo que permite comparar los procesos a través del tiempo y reconocer los mecanismos y avances.</p> <p>La operación de los equipos se hace siempre bajo la supervisión expresa de un docente a cargo.</p> <p>Dentro del conjunto de equipos que ofrece la universidad se encuentra: Sistema de evaporadores, evaporador de película descendente y reactores.</p> <p>El uso de batas, tapabocas, casco y lentes de protección personal son de carácter obligatorio para todas las personas que ingresen a la planta y los laboratorios.</p> <p>La Universidad cuenta con laboratorios acreditados y en vía de acreditación, lo que garantiza la confiabilidad de sus resultados.</p>	<p>La Universidad está abierta a convenios y prácticas académicas con otras Universidades y comunidad en general para compartir tanto su planta y laboratorios, como el acompañamiento de docentes y académicos vinculados a la Universidad.</p> <p>Contar con equipos a escala semi industrial e industrial permite experimentación con volúmenes de carga y muestras superiores a la escala de laboratorio, lo que resulta atractivo para empresas con pequeñas y medianas producciones que pueden ver en la Universidad la viabilidad para el desarrollo piloto de sus nuevos productos y modelos de producción.</p> <p>El tamaño de los espacios dispuestos para los laboratorios y la planta de procesos dentro de la universidad posibilita proyectar futuras expansiones tanto en cantidad de equipos como en tecnología y recursos.</p> <p>La acreditación de los laboratorios de la Universidad permite generar resultados con alta validez para ponencias, artículos científicos y tesis a nivel nacional.</p>

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia la información suministrada en las visitas.

Figura 62.

DOFA debilidades y amenazas de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia.

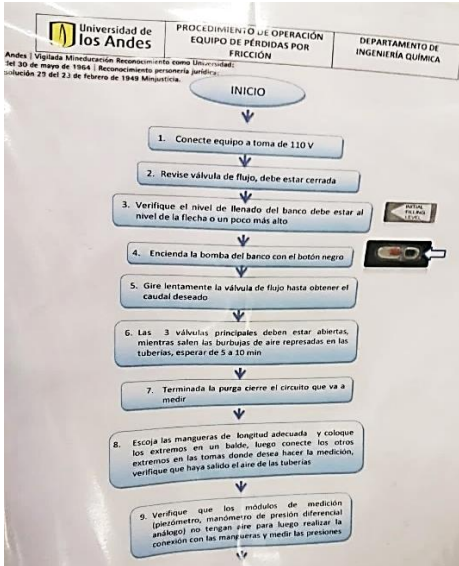
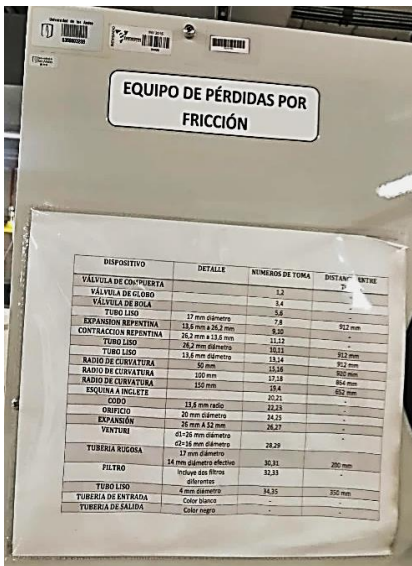
DOFA DE LA PLANTA PILOTO UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ	
DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>El diseño de algunos equipos dentro de la planta no fue planeado para el momento de ingreso e instalación de acuerdo con el tamaño o posición, lo que generó alteraciones en el traslado de equipos como: caídas de piezas de las unidades, desplazamiento de otros equipos, daño en la infraestructura interna de la planta y averías en los equipos.</p> <p>Durante la visita, algunos equipos utilizados previamente para producción o experimentación, posterior a su uso y en modo apagado presentaron ensuciamiento por materias primas, residuos sólidos y deficiente limpieza para próximas puestas en marcha.</p> <p>La rotulación de los equipos con información detallada de modo de uso, parámetros de seguridad y condiciones del equipo no son consistentes en toda la planta y laboratorios, al igual que la falta de delimitación de las diferentes zonas en la planta de procesos.</p> <p>Los costos de operación y mantenimiento de los equipos a escala semi industrial representan un alto porcentaje económico para pruebas a nivel académico.</p>	<p>Debido a la falta de planeación para el ingreso de algunas unidades dentro de la planta, la operación de los equipos se puede ver afectada a mediano y largo plazo por fallas en su estructura por abolladuras, fragmentación o rupturas que no se perciban inmediatamente.</p> <p>Consecuencia del ensuciamiento percibido en los equipos posterior a su uso se puede presentar envenenamiento de sustancias en procesos subsiguientes, alteración en los datos de respuesta, generación de reacciones no deseadas, daño a los equipos por corrosión y/o mal procedimiento de limpieza por desconocimiento de sustancias presentes en el equipo previo a la puesta en marcha.</p>

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia la información suministrada en las visitas.

3.3.2. Universidad de los Andes

Figura 63.

Rotulación, especificaciones de seguridad y delimitación de equipos de los laboratorios del departamento de ingeniería química y de alimentos de la universidad de los Andes, Bogotá Colombia.



Nota. Fotografías de la visita a los laboratorios del departamento de ingeniería química y de alimentos de la universidad de los Andes, Bogotá Colombia. Tomas fotográficas hechas por el equipo CEPIIS.

Figura 64.

Almacenamiento de residuos químicos, matriz de compatibilidad de sustancias químicas y señalización de zonas de los laboratorios del departamento de ingeniería química y de alimentos de la universidad de los Andes, Bogotá Colombia.



Nota. Fotografías de la visita a los laboratorios del departamento de ingeniería química y de alimentos de la universidad de los Andes, señalización y delimitación de zonas Bogotá Colombia. Tomas fotográficas hechas por el equipo CEPIIS.

El trabajo de campo a la Universidad de los Andes, sede Bogotá Colombia se llevó a cabo mediante una visita el día 4 de noviembre de 2022 a los diferentes laboratorios del departamento de ingeniería química y de alimentos de la universidad, con el objetivo de encontrar información de seguridad y operación de los equipos de reacción química aplicable a la Planta piloto CEPIIS de la Universidad de América. En la investigación se pudo evidenciar diferentes metodologías de operación, distribución de los equipos por zonas, usos y parámetros de seguridad y a partir de esta información se realizó un DOFA que reúne las características más destacadas a favor de nuestro proyecto.

Figura 65.

DOFA fortalezas y oportunidades de los laboratorios de la Universidad de los Andes.

DOFA DE LOS LABORATORIOS DE ING. QUÍMICA Y DE ALIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>La Universidad de los Andes cuenta con equipos a escala laboratorio y un área de 850 m² de laboratorios para actividades de docencia e investigación.</p> <p>La rotulación de los equipos con información detallada de modo de uso, parámetros de seguridad y condiciones del equipo son consistentes en todos los laboratorios, al igual que la delimitación de las diferentes zonas en los laboratorios.</p> <p>La operación de los equipos se hace siempre bajo la supervisión expresa de un técnico de laboratorio presente durante las prácticas académicas que a su vez cuenta con un asistente que apoya las actividades en curso, mantiene inventarios de materias primas, reactivos, e instrumentación, revisa el uso de los equipos, daños y/o pérdidas de piezas o instrumentos y explica el funcionamiento de las diferentes unidades.</p> <p>Dentro del conjunto de equipos que ofrece la universidad se encuentra: Reactor de alta presión 5000 psi 500°C, multi reactor de presión 3000 psi 300°C, reactor CVD y biorreactores conectados a sistema chiller para proteger los sensores de los reactores.</p> <p>Cuentan con un sistema digital llamado: Booqui que permite registrar las visitas, operarios, tiempos de residencia en el laboratorio, reservación de equipos y de laboratorios.</p> <p>El uso de batas, tapabocas, casco y lentes de protección personal son de carácter obligatorio para todas las personas que ingresen a la planta y los laboratorios.</p>	<p>La rotulación y demarcación de los espacios, los manuales de operación a la vista y el fácil acceso a la información sintetizada del uso de los equipos puede generar ambientes más intuitivos para los estudiantes agilizando los procesos de puesta en marcha de equipos y el uso adecuado de los mismos.</p> <p>En un entorno académico, los proyectos a mediano y largo plazo tienen amplias posibilidades de ser desarrollados desde cualquier semestre y por tiempos prolongados de uso de las instalaciones con acompañamiento de técnicos.</p> <p>La capacidad de mantenimiento, mejoramiento y acceso a nuevas tecnologías de la Universidad permite contar con el 100% de los equipos de forma continua y llevar a cabo proyectos más ambiciosos aprovechando las posibilidades.</p>

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia la información suministrada en las visitas.

Figura 66.

DOFA debilidades y amenazas de los laboratorios de la Universidad de los Andes.

DOFA DE LOS LABORATORIOS DE ING. QUÍMICA Y DE ALIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	
DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>El laboratorio presta pocos servicios externos, estos se dan dependiendo de la disponibilidad de equipos, espacios y personal. Se da prioridad a la docencia e investigación.</p> <p>Los laboratorios no cuentan con certificaciones o acreditaciones.</p> <p>Los laboratorios no tienen mayor restricción de ingreso por medio de vigilancia exclusiva para los mismos.</p> <p>Pese a que algunos de los laboratorios ofrecen el montaje y operación de procesos a escala semi industrial, el uso práctico de los mismos tiene un diseño más apropiado para experimentación a escala laboratorio.</p>	<p>La inexistencia de plantas piloto a nivel industrial o semi industrial en la Universidad enajena a los estudiantes de situaciones de seguridad y operación más cercanos a la industria en el ámbito profesional, pudiendo ser una incompetencia en el futuro laboral de los estudiantes.</p> <p>La falta de certificación y acreditación de los laboratorios puede generar nulidad en el reconocimiento de las actividades realizadas en los mismos por parte de organismos externos causando muestras y resultados carentes de validez y confianza.</p> <p>La falta de vigilancia exclusiva para los laboratorios puede provocar el ingreso de personal no deseado a los laboratorios, pérdida de muestras o equipos y manipulación incorrecta de unidades y reactivos.</p>

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia la información suministrada en las visitas.

3.4. Estado operativo de las unidades

La información para el desarrollo de la presente sección, fue tomada de los manuales de operación del banco de reactores y el tren de evaporadores, proporcionados por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.) [39] [40], también de las tesis de grado “*Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante*” [8] y “*Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante*” [29]. Se hace una descripción del estado operativo de cada una de las unidades, teniendo en cuenta los requerimientos de instalación y las precauciones aportadas por los proveedores de las unidades.

3.4.1. Estado operativo del banco de reactores

3.4.1.a. Requerimientos para la instalación y operación.

- **Área:** La unidad requiere un área libre de 3.75 m² y tiene las siguientes dimensiones:
Ancho: 250 cm
Alto: 261 cm
Profundidad: 150 cm
- **Suministro eléctrico:** Conexión a tierra
Voltaje: 220 V
Frecuencia: 60 Hz
Amperaje: 80 A
- **Agua de Servicio:** El equipo requiere un flujo mínimo de 4 m³/h de agua de enfriamiento con una presión de 2 bar.
- **Sistema de calentamiento:** Vapor de caldera a una presión máxima de 30 psi y flujo de 25 kg/h.
- **Líneas de desagüe:** Tuberías en gres o PVC.

- **Herramientas:**
 - Llave expansiva
 - Juego de llaves de tuercas
 - Balde para recolección de purgas.
 - Embudo

- **Dispositivos de almacenamiento:**
 - Envases de material inerte (vidrio ámbar, HDPE, PP) para toma de muestras.
 - Garrafas o canecas para almacenar reactivos y productos

- **Registro de información:**
 - Bitácora de laboratorio y formatos para registro de datos de proceso.
 - Formato para registro de manejo del equipo.

- **Elementos de seguridad y aseo:**
 - Gafas de seguridad
 - Bata de laboratorio u overol
 - Guantes de carnaza
 - Botiquín de primeros auxilios
 - Equipo anti-derrame
 - Extintor
 - Señalización de áreas de trabajo, equipos, líneas y rutas de seguridad.

- **Ventilación:** El equipo debe ubicarse en un lugar con suficiente ventilación, en el cual se garantice la evacuación segura de vapores producidos.

3.4.1.b. Precauciones Importantes aportadas por el proveedor del equipo.

- Emplear los elementos de protección personal todo el tiempo mientras se están operando los equipos.
- Operar el proceso con mínimo dos personas para evitar accidentes, y respaldar y/o relevar en las actividades del proceso. Informar a la persona responsable el inicio y parada de operación en la planta.

- Operar el equipo en una zona con ventilación adecuada para evitar acumulación de vapores de reactivos. De lo contrario se pueden generar atmosferas inflamables o asfixiantes.
- Mantener en un lugar accesible un botiquín de primeros auxilios.
- Mantener en un lugar accesible un extintor de fuego.
- No separarse de las unidades de proceso por tiempo prolongado. Si es necesario ausentarse, avisar al relevo.
- Las personas que operan el equipo no deben trabajar más de 8 horas continuas sin descanso, el cansancio puede propiciar accidentes graves.
- Evitar el acceso al panel interno de las cajas eléctricas.
- Nunca descargue el sistema en caliente. Dejar que el equipo se enfríe hasta una temperatura de 25°C para descargarlo (esto puede tardar varias horas por que el sistema está aislado térmicamente). Prevenga accidentes.
- Dejar los equipos limpios y lavados después de la operación evitando la corrosión y la contaminación cruzada entre lotes de procesamiento.
- Para descargar el tanque siempre utilizar overol, guantes de carnaza y si es posible una pechera del mismo material para evitar quemaduras si el material aún está caliente.
- Almacenar los reactivos en los lugares adecuados. Usar envases de material inerte para evitar su desnaturalización.
- Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de la unidad de proceso.
- Ajustar las tuberías que presenten fugas o goteos, cambiar el empaque que sella entre el tanque y la tapa cuando se requiera, limpiar frecuentemente los equipos por acumulación de polvo o materiales extraños.
- Mantener limpia y aseada el área de operación, y el tablero de control.

- Si se presentan escapes o fugas, remediarlas cuando sea posible con las herramientas disponibles. Si la magnitud de la fuga es grande detener la operación y dejar enfriar para poder resolver el problema con seguridad.

3.4.2. *Estado operativo del tren de evaporadores*

3.4.2.a. Requerimientos para la instalación y operación.

- **Área:** La unidad requiere un área libre de 10 m² y tiene las siguientes dimensiones:
Ancho: 4 m
Alto: 2,5 m
Profundidad: 2,5 m
- **Suministro eléctrico:** Conexión a tierra:
Voltaje: 220 V
Frecuencia: 60 Hz
Amperaje: 80 A
- **Agua de Servicio:** El equipo requiere un flujo mínimo de 1 m³/h de agua de enfriamiento con una presión mínima de 2 bar.
- **Sistema de calentamiento:** Vapor de caldera a una presión máxima de 30 psi y flujo de 25 kg/h.
- **Líneas de desagüe:** Tuberías en gres o PVC, mínimo 1”.
- **Herramientas:**
Llave expansiva
Llaves de tubos
Juego de llaves de tuercas
Balde para recolección de purgas.
Embudo

- **Dispositivos de almacenamiento:**

Envases de material inerte (vidrio ámbar, HDPE, PP) para toma de muestras.

Garrafas o canecas para almacenar la solución de trabajo antes y después de finalizar la operación.

Balde para recolección de purgas.

- **Registro de información:**

Bitácora de laboratorio y formatos para registro de datos de proceso.

Formato para registro de manejo del equipo.

- **Elementos de seguridad y aseo:**

Gafas de seguridad

Bata de laboratorio u overol

Guantes de carnaza

Botiquín de primeros auxilios

Equipo anti-derrame

Extintor

Señalización de áreas de trabajo, equipos, líneas y rutas de seguridad.

- **Ventilación:** El equipo debe ubicarse en un lugar con suficiente ventilación, en el cual se garantice la evacuación segura de vapores producidos.

3.4.2.b. Precauciones Importantes aportadas por el proveedor del equipo.

- El equipo requiere de al menos dos personas para la operación. Esto permite manejar simultáneamente las variables del proceso, asistirse mutuamente para evitar accidentes, y respaldar y/o relevar en las actividades del proceso.
- Se debe informar a la persona responsable sobre el inicio y parada de operación en la planta.
- El equipo se debe operar en una zona con ventilación adecuada por cuanto puede haber acumulación de vapores de solventes. De lo contrario se pueden generar atmosferas inflamables o asfixiantes.

- La zona debe mantener en un lugar accesible un botiquín de primeros auxilios y extintor de fuego.
- No ausentarse de las unidades de proceso por tiempo prolongado cuando están en marcha. Si las operaciones tardan mucho tiempo es necesario hacer un relevo en caso de no poder permanecer durante toda la operación.
- El operador no debe trabajar en turnos de más de 8 horas continuas sin descanso, el cansancio puede propiciar accidentes graves.
- Se debe evitar el acceso al panel interno de las cajas eléctricas.
- Se debe garantizar el flujo constante de agua de refrigeración. Si durante el proceso se interrumpe la admisión de agua o vapor vivo, se debe **SUSPENDER INMEDIATAMENTE LA OPERACIÓN.**
- Nunca descargue el sistema en caliente. Dejar que el equipo se enfríe hasta una temperatura de 35°C para descargarlo. Prevenga accidentes.
- Los equipos se deben limpiar y lavar después de la operación para evitar la corrosión y la contaminación cruzada entre lotes de procesamiento.
- Para descargar los tanques siempre utilizar overol, guantes de carnaza y si es posible una pechera del mismo material para evitar quemaduras si el material aún está caliente.
- La solución concentrada y el solvente recolectado se deben almacenar fuera de los tanques de producto y/o de solvente para evitar contaminación cruzada entre los materiales. Usar envases de material inerte para evitar su desnaturalización.
- Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de la unidad de proceso. Ajustar las tuberías que presenten fugas o goteos, cambiar el empaque que sella entre el tanque y la tapa cuando se requiera, limpiar frecuentemente los equipos por acumulación de polvo o materiales extraños, mantener limpia y aseada el área de operación y el tablero de control.

- Si se presentan escapes o fugas remediarlas cuando sea posible con las herramientas disponibles, sin embargo, si la magnitud de la fuga es grande o el problema no es fácilmente solucionable, detener la operación y dejar enfriar para poder resolver con seguridad y un técnico capacitado.
- No permitir que entre líquido a la bomba de vacío.

3.5. Aspectos asociados a la calidad de los materiales usados en el equipo

El banco de reactores y el tren de evaporadores, al ser unidades construidas por la misma compañía (PS&E), manejan el mismo tipo de materiales, estos son el acero inoxidable 304 (SS 304) el cual fue utilizado para la tubería, estructura y equipos de las unidades, el teflón (PTFE) el cual fue utilizado para evitar la adherencia de sustancias al acero, y el caucho EPDM que fue utilizado como aislante térmico y eléctrico en las tuberías y equipos.

3.5.1. Acero inoxidable 304

Este acero es considerado uno de los más versátiles por esto es uno de los aceros austeníticos más utilizados en la industria, contiene 18% de cromo, 8% de níquel y 0,08% de carbono. Es requerido en industrias químicas, farmacéuticas, alimenticias, aeronáuticas y navales, es utilizado en arquitectura, piletas, revestimientos de ascensores y en un sin número de aplicaciones. [68]

Características:

- Excelente formalidad.
- Apariencia estética.
- Resistencia a la corrosión.
- Prevención de la contaminación de productos.
- Resistencia a la oxidación.
- Facilidad de limpieza.
- Alta resistencia y bajo peso.

- Buena resistencia y estabilidad a temperaturas criogénicas.

3.5.2. Teflón PTFE

Conocido químicamente como politetrafluoroetileno, tiene una estabilidad térmica y resistencia química altas, también tiene unas excelentes propiedades de deslizamiento y resistencia eléctrica, además de una superficie antiadherente. No obstante, tienen una baja resistencia mecánica y un elevado peso comparados con otros plásticos. [69]

Características:

- Resistencia química extremadamente alta.
- Muy buena resistencia térmica (entre -200 y +260°C, a corto plazo hasta 300°C).
- Muy bajo coeficiente de fricción.
- Tensión superficial extremadamente baja (prácticamente no hay ningún material que se adhiera al PTFE, difícil de soldar).
- Alto coeficiente de dilatación térmica.
- Resistencia/rigidez relativamente baja.
- Constante dieléctrica baja.
- Resistente al fuego.

3.5.3. Caucho EPDM

Los cauchos EPDM son los cauchos sintéticos de más baja densidad (1 – 1.3 gr/cm³). [70]

Características:

- Excelente resistencia al envejecimiento, incluso a la intemperie o a temperatura elevada, al ozono y a la oxidación.
- Muy buena resistencia al agua caliente y al vapor de agua.

- Muy buena resistencia a álcalis y ácidos incluso oxidantes y en general a todos los compuestos químicos no hidrocarbonados.
- No son adecuados en contacto con gasolinas, grasas, aceites y disolventes hidrocarbonados.
- Son buenos aislantes eléctricos.

3.5.4. *Sustancias químicas compatibles*

Dentro del manejo adecuado de la planta, se requiere del uso de sustancias químicas que sean compatibles con los materiales de construcción de los equipos y accesorios. Se recomienda que antes de manipular cualquier sustancia en el equipo, el usuario tenga en cuenta la siguiente tabla. La sustancia debe ser compatible con acero inoxidable 304 (SS 304) y simultáneamente con teflón (PTFE) y EPDM. Si la sustancia no se encuentra en la tabla, es necesario buscar información adicional antes de emplearla en la planta. [39][40]

A: excelente compatibilidad, B: buena (mínima corrosión), C: aceptable (efecto moderado, no recomendado para uso continuo), D: efecto severo (no recomendado para ningún uso), N/A: información no disponible.

Tabla 110.

Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 1).

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Aceite de coco	A	A	D
Aceite de maíz	B	A	C
Aceite de motor	A	A	D
Aceite de oliva	B	A	D
Aceite de palma	A	A	A
Aceite hidráulico (petro)	A	A	D
Aceite hidráulico (sintético)	A	A	D
Aceite mineral	A	A	D
Aceites combustibles	A	B	D
Acetaldehído	N/A	A	A
Acetato de amilo	A	A	A
Acetato de isoamilo	A	N/A	B
Acetato de isobutilo	A	N/A	C
Acetato de isopropilo	C	A	B
Acetato de etilo	B	A	B
Acetato de metilo	A	A	C
Acetato de sodio	B	A	A
Acetato de vinilo	B	A	B
Acetileno	A	A	A
Acetona	A	A	A
Ácido acético	B	A	A
Ácido acético 20%	B	A	A
Ácido acético 80%	D	A	A
Ácido acético glacial	C	A	B
Ácido benzoico	B	A	D
Ácido carbónico	B	A	B
Ácido cítrico	B	A	A
Ácido cítrico 5%	A	A	A
Ácido clórico	D	A	N/A

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia la información suministrada por el proveedor de las unidades. Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores," y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 111.

Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 2).

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Ácido clorhídrico 100%	D	A	D
Ácido clorhídrico 20%	D	A	A
Ácido clorhídrico 37%	D	A	C
Ácido cloro acético	D	A	B
Ácido cloro sulfónico	D	A	D
Ácido crómico 5%	B	A	A
Ácido crómico 50%	C	A	B
Ácido esteárico	B	A	B
Ácido fórmico	C	A	A
Ácido fosfórico 10%	A	A	A
Ácido fosfórico 20%	A	A	A
Ácido fosfórico 50%	A	A	B
Ácido fosfórico concentrado	A	A	B
Ácido ftálico	B	A	A
Ácido láctico	B	A	A
Ácido láctico (Solución al 5%)	A	A	A
Ácido linoleico	B	A	D
Ácido monocloroacético	D	D	C
Ácido nítrico concentrado	A	A	D
Ácido nítrico 5-10%	A	A	B
Ácido nítrico 20%	A	A	B
Ácido nítrico 50%	B	A	D
Ácido oleico (red oil)	B	A	B
Ácido oxálico 5% (caliente y frío)	B	A	A
Ácido oxálico frío	D	A	A
Ácido palmítico	B	A	B
Ácido perclórico	D	A	B
Ácido salicílico	B	A	A

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia la información suministrada por el proveedor de las unidades. Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores," y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 112.

Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 3).

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Ácido sulfúrico 95%	A	A	C
Ácido sulfúrico 75%	C	A	C
Ácido sulfúrico 60%	D	A	C
Ácido sulfúrico 50%	D	A	B
Ácido sulfúrico 25%	B	A	B
Ácido sulfúrico 10%	A	A	A
Ácido sulfúrico <10%	D	A	A
Ácido sulfúrico concentrado (frío)	C	A	C
Ácido sulfúrico concentrado (caliente)	D	A	D
Ácido úrico	B	A	N/A
Ácidos grasos	B	A	D
Agua carbonatada	A	N/A	N/A
Agua de mar	C	A	A
Agua desionizada	A	A	A
Agua destilada	A	A	A
Agua Regia (80% HCl, 20% HNO ₃)	D	A	C
Alcohol amílico	A	A	A
Alcohol bencílico	B	A	B
Alcohol isobutílico	A	A	A
Almidón	B	A	B
Aminas	A	A	C
Amoniaco 10 %	A	A	A
Amoniaco, líquido	N/A	A	A
Anhídrido ftálico	A	A	A
Azúcar (líquidos)	A	A	A
Benceno	B	A	D
Benzaldehído	B	A	B
Benzoato de sodio	N/A	A	A

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia la información suministrada por el proveedor de las unidades. Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores," y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 113.

Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 4).

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Bicarbonato de potasio	B	A	A
Bicarbonato de sodio	A	A	A
Bisulfito de sodio	D	A	A
Bórax	B	A	A
Butano	A	A	D
Butanol	A	A	B
Buteno	A	A	D
2-Butoxietanol	A	B	A
Café	A	N/A	A
Carbonato de calcio	B	A	A
Carbonato de magnesio	B	A	C
Carbonato de sodio	A	A	A
Cerveza	A	A	A
Cetonas	A	A	A
Ciclohexano	B	A	D
Cloro benceno	A	B	D
Cloroformo	A	A	D
Coca cola (syrup)	A	A	A
Colorantes	A	N/A	N/A
Detergentes	A	A	A
Dicromato de potasio	B	A	A
Diésel	A	A	D
Dietil éter	B	A	D
Dietilamina	A	D	B
Dietilenglicol	A	A	A
Difenil éter	A	A	N/A
Difenilo	B	A	D
Dimetil éter	B	A	N/A
Dimetil formamida	A	A	B
Dióxido de azufre	D	A	B

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia la información suministrada por el proveedor de las unidades. Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores," y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 114.

Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 5).

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Dioxano	A	D	A
Estireno	A	A	D
Etanol	A	A	A
Etanolamina	A	A	B
Éter butílico	B	A	D
Éter de isopropilo	A	A	D
Éter de petróleo	A	D	A
Éter etílico	B	A	D
Éter metílico	N/A	A	A
Etilenglicol	B	A	A
Fenol	B	A	N/A
Formaldehido 100%	B	A	A
Formaldehido 40%	A	A	A
Furfural	A	A	D
Gasolina	A	A	D
Gelatina	A	A	A
Glicerol	A	A	A
Glucosa (jarabe de maíz)	A	A	A
Heptano	A	A	D
Hexano	A	A	D
Hidroquinona	B	A	D
Hidro sulfito de sodio	N/A	A	B
Hidróxido de calcio	B	A	A
Hidróxido de calcio 10% (en ebullición)	A	N/A	A
Hidróxido de magnesio	B	A	A
Hidróxido de potasio	B	A	A
Hipoclorito de sodio <20%	C	A	B
Hidróxido de sodio 20%	B	A	B
Hidróxido de sodio 50%	B	A	B

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia la información suministrada por el proveedor de las unidades. Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores," y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 115.

Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 6).

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Hidróxido de sodio 80%	D	A	B
Hipoclorito de sodio 100%	D	A	B
Isobutanol	A	A	N/A
Isooctano	A	A	D
Isopropanol	B	A	B
Jet Fuel (JP 3, JP4, JP5)	A	A	D
Jugo de caña	A	A	A
Jugos de frutas	A	A	N/A
Lacas	A	A	D
Látex	A	A	A
Leche	A	A	A
Licor de azúcar de caña	A	A	A
Líquidos de remolacha	A	A	A
Lubricantes	A	A	D
Melaza	A	A	A
Metanol	A	A	A
Metasilicato de sodio	A	A	A
Metil butil cetona	A	N/A	B
Metil etil cetona	A	A	A
Metil isobutilo cetona	B	A	C
Metil isopropilo cetona	A	A	C
Metilamina	A	A	A
Miel	A	A	A
Mono etanolamina	A	A	B
Nafta	A	B	D
Naftalina	A	A	D
Nitrato de calcio	C	A	B
Nitrato de sodio	B	A	A
Nitrobenceno	B	A	D
Óxido de calcio	A	A	A

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia la información suministrada por el proveedor de las unidades. Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores," y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Tabla 116.

Sustancias químicas compatibles con los materiales de las unidades (Parte 7).

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Óxido de magnesio	A	A	N/A
Pentano	C	A	D
Permanganato de potasio	B	A	A
Peróxido de hidrógeno 100%	B	A	D
Peróxido de hidrógeno 50%	B	A	B
Peróxido de hidrógeno 30%	B	A	B
Peróxido de hidrógeno 10%	B	A	A
Peróxido de sodio	B	A	A
Piridina	B	A	B
Propano (licuado)	A	A	D
Propanol	A	A	N/A
Propilenglicol	B	A	A
Propileno	B	A	D
Queroseno	A	A	D
Sulfato de calcio	B	A	A
Sulfato de magnesio	A	A	A
Sulfato de potasio	B	A	A
Sulfato de sodio	B	A	A
Sulfato de zinc	B	A	A
Tintas	C	A	A
Tiosulfato de sodio	B	A	A
Tolueno (toluol)	A	A	D
Trietilamina	A	A	A
Urea	B	A	A
Vinagre	B	A	A
Xileno	B	A	D
Yodo	D	A	B

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia la información suministrada por el proveedor de las unidades. Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores," y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

4. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ESTRUCTURAL Y OPERATIVO DE LAS UNIDADES DEL CETA

4.1. Bitácora de traslado e instalación de los equipos

En esta sección veremos el seguimiento de los equipos durante su traslado del parqueadero de la universidad, hasta el edificio de la planta del CEPIIS, y su ubicación en el CETA.

Ubicación: Campus Fundación Universidad de América, Bogotá Colombia.

Proyecto: Construcción de planta piloto de ingenierías en la Fundación Universidad de América.

Nombre de la planta: CEPIIS por sus siglas centro de procesos e innovación para la industria sostenible.

Mapa del campus:

Zonas implicadas en el traslado de equipos.

- Parqueadero de estudiantes - Recibo de equipos.
- Bienestar Universitario - Aparcamiento de equipos.
- Planta CEPIIS - Instalación equipos.

Figura 67.

Foto satelital del campus Universidad de América, zonas de cargue y descargue de equipos para el traslado a la planta piloto CEPIIS.



Nota. La foto satelital del campus fue tomada de Google Earth.

El 18 de agosto de 2022 se llevó a cabo el inicio de actividades correspondientes al traslado de equipos para la planta piloto de la Universidad de América (CEPIIS).

Los equipos comprendidos en la zona CETA: Tren de evaporadores y banco de reactores se trasladaron en esta jornada hacia el campus de la Universidad de América. Simultáneamente se recibió por parte del director del proyecto Ing. Iván Ramírez Marín el tren de evaporadores de dimensiones: Ancho 2,50 metros, profundidad 2,15 metros y altura 2,90 metros con un peso aproximado de 800 Kg y el banco de reactores de dimensiones: 1,5 metros, profundidad 2,3 metros y altura 2,10 metros con un peso aproximado de 500 kg, entregados por el proveedor fabricante PS&E.

4.1.1. Banco de reactores

Figura 68.

Diseño del Banco de reactores armado en la bodega del proveedor del equipo PS&E.



Nota. La foto del banco de reactores fue tomada por el equipo CEPIIS.

La unidad de banco de reactores compuesta por:

- Un reactor de tanque agitado de 3L con velocidad regulable y chaqueta.
- Un reactor tubular de 3L con chaqueta.
- Un set de 3 reactores agitados de 1 L c/u con chaqueta.
- Un set de 3 reactores tubulares de 1L c/u con chaqueta, un reactor multi tubular de 3 L con coraza.

El sistema cuenta con tanques de alimentación de reactantes y de acumulación de producto, sistemas de mezclado, precalentadores, sensores y controladores de variables de proceso, tablero de control y la estructura. El equipo es robusto, durable, construido en acero inoxidable 304 con acabado brillante. Puede ser utilizado para operar en continuo, por lotes o por lote alimentado. Se trasladó cubierto con vinipel y plástico negro.

Figura 69.

Detalles del alistamiento y embalaje del Banco de Reactores para verificación física de válvulas y tanque reactivo en zona de aparcamiento previo a montaje en grúa.



Nota. Las fotos del aislamiento de las unidades fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

El traslado se realizó a través de un montacargas. Este equipo viene ensamblado como una pieza completa con rodachines que pesa alrededor de 800 Kg, lo que hace que su transporte sea delicado. Se requirió de 5 operarios en sitio para poder llevar a cabo el montaje de la pieza completa a la grúa y 25 minutos aproximadamente. En todo momento, el movimiento fue acompañado de sujetadores arneses y protección externa con plásticos para prevenir corrosión y daño a la estructura, sin embargo se presentaron algunas averías menores en las ruedas rodachines y en los vértices inferiores de la base. El traslado de éste y todos los equipos se hizo con luz día, es decir, ningún equipo se desplazó después de las 6 de la tarde ni en condiciones de lluvia o neblina. Los daños ocasionados en el traslado fueron asumidos por la empresa transportadora a cargo: TRANSGRUAS DE COLOMBIA.

Figura 70.

Montaje del Banco de Reactores en la grúa en el montacargas, detalle de ruedas y base metálica.



Nota. Las fotos del montaje fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Figura 71.

Banco de reactores sobre la grúa para transporte hacia Bienestar Universitario, protegido con vinipel y plástico negro sujetado con arnés.



Nota. Las fotos del banco de reactores fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

4.1.2. Tren de evaporadores

Figura 72.

Tren de evaporadores armado en la bodega del proveedor de equipos PS&E.



Nota. Las fotos del tren de evaporadores fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

El tren de evaporadores compuesto por 4 evaporadores:

- Evaporador de tubos verticales.
- Evaporador de tubos horizontales.
- Evaporador de chaqueta.
- Evaporador de circulación forzada.

Conformado por un sistema de alimentación, un sistema de almacenamiento de producto y un tanque de condensados se trasladó empacado en vinipel y cartón en el planchón de la grúa.

Figura 73.

Grúa y montacargas utilizada en el procedimiento de traslado de equipos del CEPIIS por la empresa TRANSGRÚAS DE COLOMBIA en el parqueadero de estudiantes (lugar de recepción de equipos).



Nota. Las fotos de la grúa y el montacargas fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Figura 74.

Evaporadores e intercambiadores de calor Individuales en vinipel guardados en campamento 1 sobre el parqueadero de estudiantes (lugar de recepción de equipos), acomodados para montar en grúa por la empresa TRANSGRÚAS DE COLOMBIA.



Nota. Las fotos del aislamiento de las unidades fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Figura 75.

Evaporadores e intercambiadores de calor dispuestos sobre la grúa, separados por cartones, transportados simultáneamente con otros equipos por la empresa TRANSGRÚAS DE COLOMBIA.



Nota. Las fotos del transporte de las unidades fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Figura 76.

Traslado de evaporadores desde parqueadero estudiantes (Recibo de equipos) hasta Zona de aparcamiento equipos frente a la construcción de la planta (Bienestar Universitario) por la empresa TRANSGRÚAS DE COLOMBIA.



Nota. Las fotos del aislamiento de las unidades fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Figura 77.

Estado de la vía dentro del campus universitario (bienestar universitario) recorrido por la grúa de TRANSGRÚAS DE COLOMBIA para ingresar y hacer el traslado de equipos hacia la planta en construcción del CEPIIS.



Nota. Las fotos de la vía de las unidades fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Figura 78.

Zona de aparcamiento de equipos junto a la construcción de la planta piloto CEPIIS Bienestar Universitario.



Nota. Las fotos del aparcamiento de las unidades fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

4.1.3. El recorrido de los equipos dentro del campus

El campus de los cerros de la Universidad de América cuenta con una importante reserva natural, al quedar en una montaña al oriente de Bogotá cuenta no solo con un hermoso paisaje, sino con un clima húmedo y lluvioso gran parte del año. Este campus se distribuye en dos espacios divididos por la Av. circunvalar comunicados a través de un puente peatonal por el que cruzan los estudiantes y docentes. No obstante, el hecho de que la sede esté atravesada por una vía tan circulada requirió de mayor esfuerzo para movilizar los equipos dentro de la Universidad. Por condiciones de terreno y espacio, la ubicación de la planta piloto se destinó arriba de la av. Circunvalar, sin embargo, el parqueadero de estudiantes, que está en la parte de debajo de la Av. Circunvalar, fue la zona escogida por seguridad y espacio disponible dentro de la Universidad para el recibo de equipos en primera instancia y fue allí donde se instaló el primer campamento de equipos. Es por ello, que el traslado tuvo 3 momentos importantes que se ejecutaron en días diferentes.

Paso 1: Desplazamiento de equipos desde el parqueadero de estudiantes hacia la entrada al eco campus ubicada en la Av. circunvalar por parte de TRANSGRUAS DE COLOMBIA.

Figura 79.

Mapa del campus Universidad de América, ruta del primer desplazamiento de equipos dentro de la Universidad.



Nota. Las fotos del mapa de las unidades fueron tomadas de Google Earth.

Figura 80.

Desalojo de campamento de equipos en el parqueadero de estudiantes, después del montaje en grúa de la totalidad de los equipos.



Nota. Las fotos del desalojo de las unidades fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Figura 81.

Ultima salida de la grúa del parqueadero de estudiantes con la totalidad de equipos hacia la entrada al eco campus ubicada en la Av. circunvalar.



Nota. Las fotos del desalojo de las unidades fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Paso 2: Desplazamiento de equipos desde el eco campus por la entrada de la Av. circunvalar por parte de TRANSGRUAS DE COLOMBIA hasta Bienestar Universitario donde se hace el aparcamiento de equipos.

Figura 82.

Mapa del campus Universidad de América, ruta del segundo desplazamiento de equipos dentro de la Universidad.



Nota. Las fotos del mapa de las unidades fueron tomadas de Google Earth.

Figura 83.

Movimiento de equipos desde la entrada al eco campus ubicada en la Av. Circunvalar hasta el aparcamiento de equipos en bienestar Universitario junto a la construcción de la planta CEPIIS.



Nota. Las fotos del transporte de las unidades fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Figura 84.

Aparcamiento y cubrimiento de equipos en bienestar Universitario junto a la construcción de la planta CEPIIS.



Nota. Las fotos de las unidades antes de la grúa fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Paso 3: Desplazamiento de equipos desde el aparcamiento en Bienestar Universitario a la planta piloto en construcción del CEPIIS por medio de una grúa.

Figura 85.

Mapa del campus Universidad de América, ruta del tercer desplazamiento de equipos dentro de la Universidad.



Nota. Las fotos del mapa de las unidades fueron tomadas de Google Earth.

Figura 86.

Construcción del CEPIIS a la mitad de bienestar Universitario junto a la construcción de la planta CEPIIS.



Nota. Las fotos de la construcción fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

El traslado de los equipos a la edificación de la planta CEPIIS se llevó a cabo previo a la terminación de la obra. Por la ubicación y diseño de la planta y el tamaño de los equipos se transportaron en grúa por partes; una vez teniendo en el interior de la edificación todos los equipos protegidos, se ensamblaron en planta por parte de los proveedores de los mismos PS&E y se continuó la construcción de pisos y techos.

Figura 87.

Equipos en grúa desde el campamento en bienestar universitario a la edificación de la planta CEPIIS.



Nota. Las fotos del transporte de los equipos a la construcción fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Figura 88.

Equipos dentro de la edificación de la planta CEPIIS.



Nota. Las fotos de los equipos en la construcción fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Cabe destacar el enorme esfuerzo por parte del equipo de diseño e ingeniería de la planta para afectar al mínimo la naturaleza continua a la construcción.

Figura 89.

Imágenes planta piloto CEPIIS. En construcción aún sin equipos vs render propuesta final.



Nota. Las fotos del render fueron tomadas por el equipo CEPIIS.

Figura 90.

Equipos dentro de la edificación de la planta CEPIIS y estado actual de la obra con techo y piso.



Nota. La foto de la construcción fue tomada por el equipo CEPIIS.

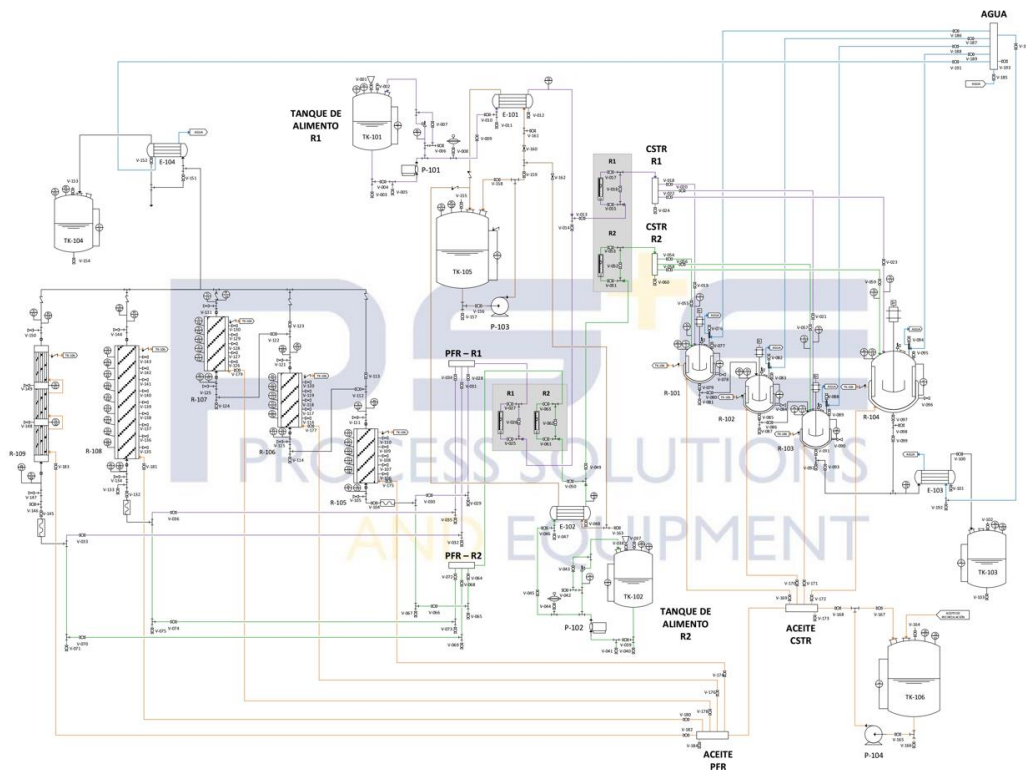
4.2. Manuales de operación de las unidades

4.2.1. Manual de operación del banco de reactores por el proveedor PSE

La operación del banco de reactores de acuerdo con la empresa proveedora de estos se consigna teóricamente en los manuales otorgados a través de una serie de pasos que permiten garantizar una puesta en marcha segura y confiable de acuerdo con las especificaciones de cada equipo. A continuación, se presenta una guía práctica de las instrucciones de uso del equipo:

Figura 91.

Esquema de la operación en el banco de reactores.

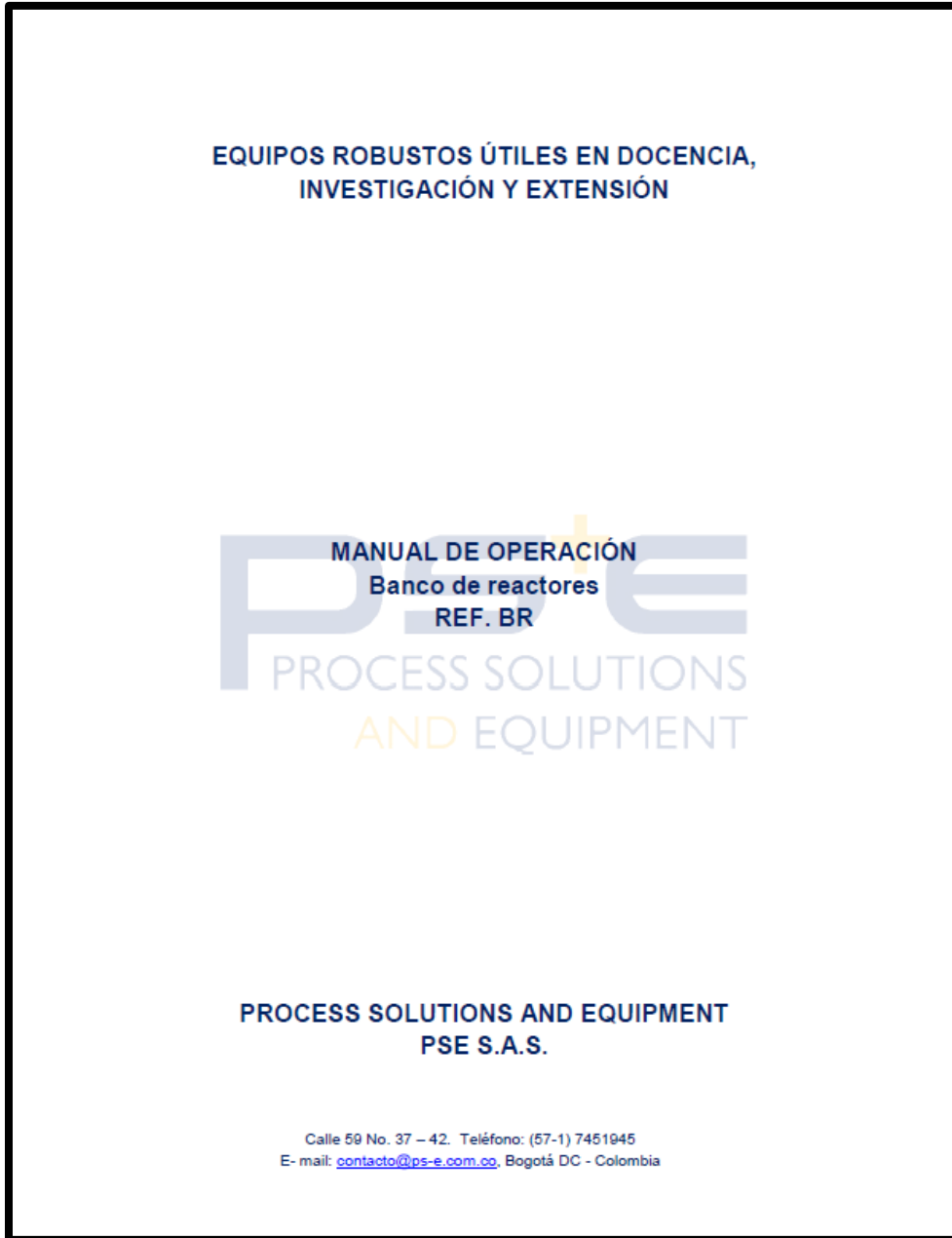


Nota. Diagrama de flujo del banco de reactores tomado de González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Para ver de mejor manera este diagrama. https://drive.google.com/drive/folders/1eB5mM9I8yCuF-dND9PCwqlhRytmRzIUV?usp=share_link

Figura 92.

Portada del manual de operaciones del banco de reactores, proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE) S.A.S.



Nota. Portada del manual tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

4.2.1.a. Esquemas para la operación en el banco de reactores.

Para empezar con la operación en el banco de reactores, se debe hacer una adecuación del sistema aquí se deberá verificar que los servicios estén funcionando correctamente, primero verificar el nivel de aceite, flujo de agua de refrigeración y que los bypass estén cerrados. Luego verificar que los equipos como los tanques y reactores estén limpios antes de empezar la operación, ahora que se han hecho las verificaciones correctas se puede hacer la conexión de la unidad a la red eléctrica.

Encender el tablero de control y llenar la check list para confirmar que todo está en correcto orden, ahora para un proceso isotérmico se debe hacer el encendido del calentamiento del aceite térmico, en este paso se puede determinar cuál será la temperatura inicial (T_0) de calentamiento, antes de empezar el calentamiento se debe verificar que la válvula de retorno al tanque se encuentre abierta, luego encender la resistencia y la bomba de recirculación del sistema.

Al terminar se debe dirigir al esquema correspondiente a la operación que desea realizar, ya sea para la operación de los reactores CSTR, PFR o PBR, a continuación podremos encontrar cada uno de los esquemas correspondientes a cada operación, los cuales fueron proporcionados por nuestras compañeras Laura Melissa Gonzales Duarte y Chelsea Valentina Sánchez Muños en su trabajo para optar el título de ingenieros químicos [41].

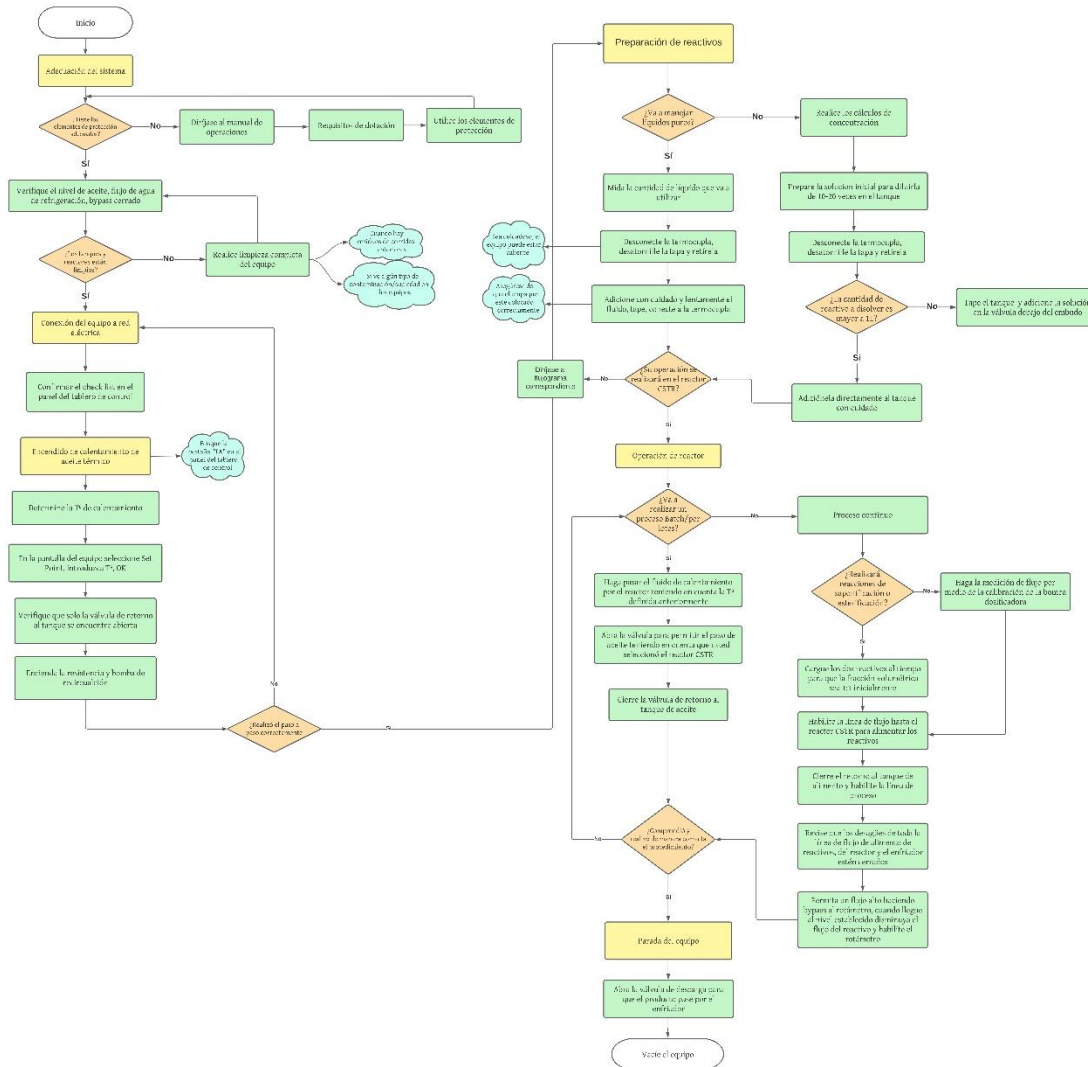
En las secciones 3.2.1.b a 3.2.1.j pueden encontrar más detalladamente la forma de operación del banco de reactores.

Las operaciones dentro del banco de reactores deberán manejarse en fase líquida por seguridad, por ello se recomienda mantener las temperaturas por debajo de 100°C para evitar aumentos de presión innecesarios, y no llevar a presiones de más de 3 bares debido a que es la presión máxima en las bombas.

4.2.1.a.i. Reactores CSTR.

Figura 93.

Esquema de operación de los reactores CSTR en el banco de reactores.



Nota. Esquema de operación de los reactores CSTR proporcionado por L. M. Gonzalez Duarte, C. V. Sánchez Muñoz, "Propuesta Para El Desarrollo De Los Manuales De Operación Para El Centro De Transformación Y Adecuación (Ceta) Del Centro De Procesos E Innovación Para La Industria Sostenible (Cepiis)".

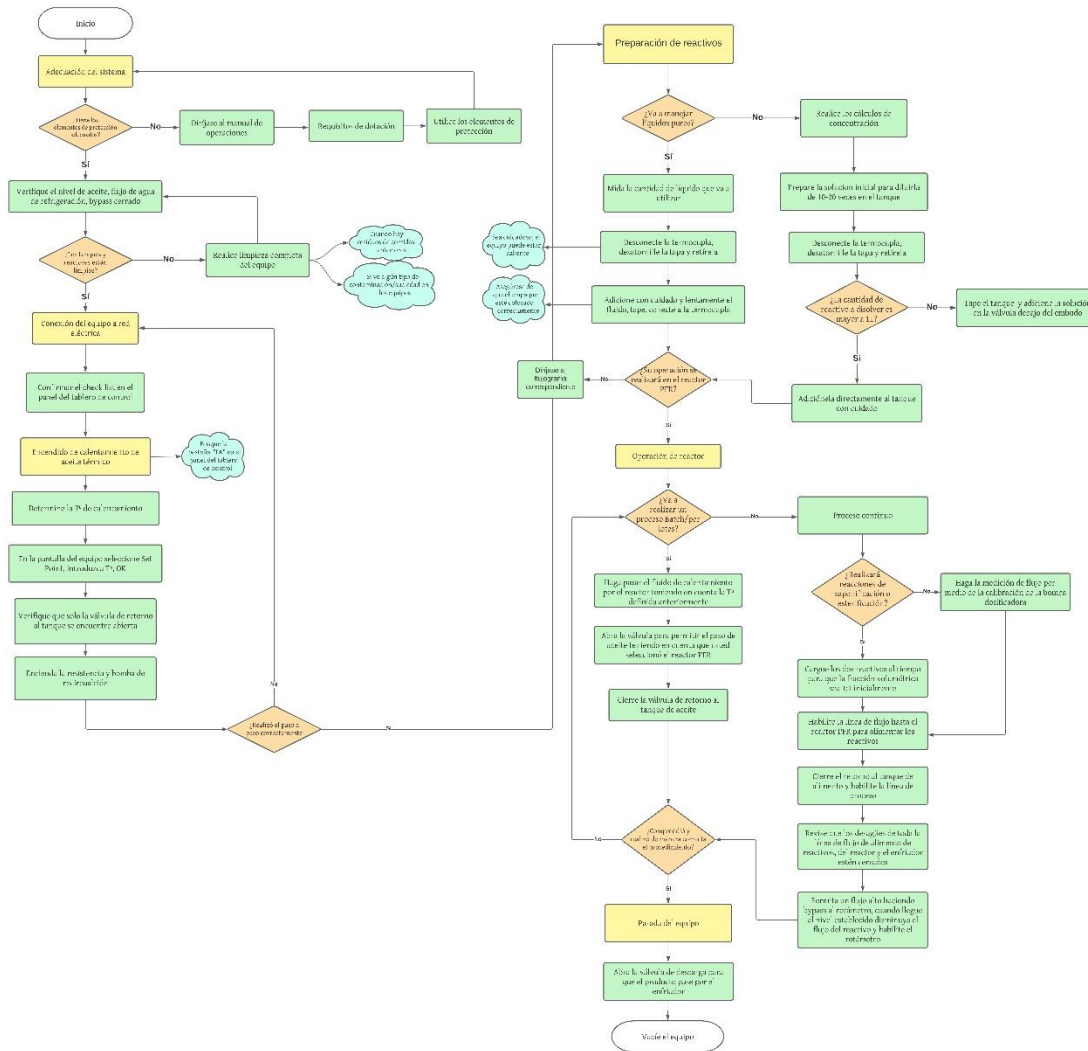
Para ver de mejor manera este diagrama.

https://manualescepiiisfua.weebly.com/uploads/1/4/3/8/143895930/flujograma_reactor_cstr.pdf

4.2.1.a.ii. Reactores PFR.

Figura 94.

Esquema de operación de los reactores PFR en el banco de reactores.



Nota. Esquema de operación de los reactores PFR proporcionado por L. M. Gonzalez Duarte, C. V. Sánchez Muñoz, "Propuesta Para El Desarrollo De Los Manuales De Operación Para El Centro De Transformación Y Adecuación (Ceta) Del Centro De Procesos E Innovación Para La Industria Sostenible (Cepiis)".

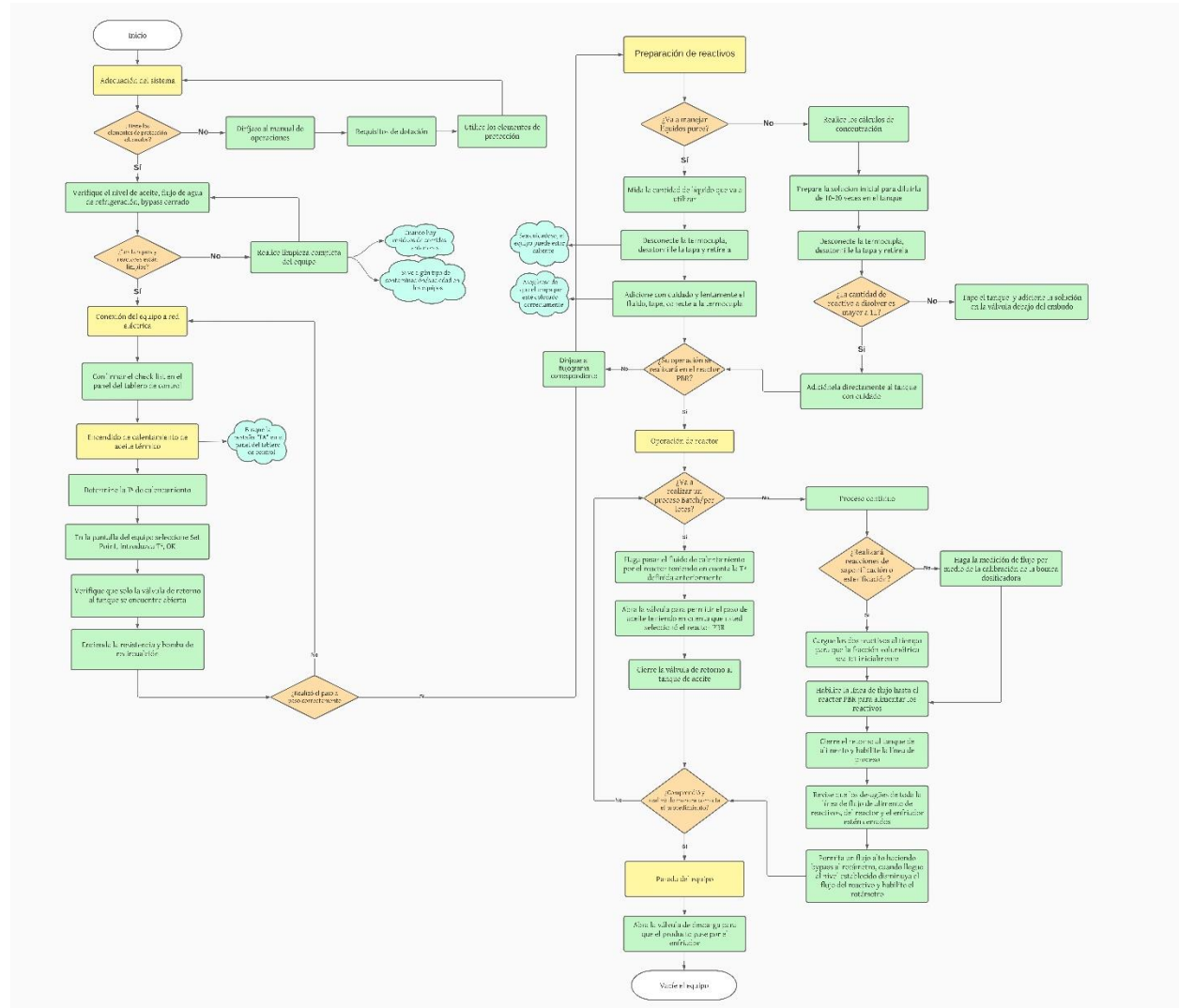
Para ver de mejor manera este diagrama.

https://manualescepiisfua.weebly.com/uploads/1/4/3/8/143895930/flujograma_reactor_pfr.pdf

4.2.1.a.iii. Reactores PBR.

Figura 95.

Esquema de operación de los reactores PBR en el banco de reactores.



Nota. Esquema de operación de los reactores PBR proporcionado por L. M. Gonzalez Duarte, C. V. Sánchez Muñoz, "Propuesta Para El Desarrollo De Los Manuales De Operación Para El Centro De Transformación Y Adecuación (Ceta) Del Centro De Procesos E Innovación Para La Industria Sostenible (Cepiis)".

Para ver de mejor manera este diagrama.

https://manualescepiisfua.weebly.com/uploads/1/4/3/8/143895930/flujograma_reactor_pbr.pdf

4.2.1.b. Adecuación del sistema.

Se deben ubicar las herramientas para operación, así como los elementos de seguridad y aseo y vestir la indumentaria adecuada para el proceso.

Revisar la limpieza de reactores y tanques y en caso de encontrar residuos de corridas anteriores realizar la limpieza completa del equipo.

Asegurar las tapas de tanques y reactores.

Verificar el nivel de aceite y del flujo de agua de refrigeración en la planta.

Verificar que las válvulas de los indicadores de nivel se encuentren abiertas.

Hay que asegurar que las válvulas de desagüe de los equipos y líneas estén cerradas. (bypass)

4.2.1.c. Conexión del equipo a la red eléctrica.

Conectar la clavija trifásica a la red de abastecimiento eléctrico.

Energizar el tablero de control con la llave correspondiente al interruptor del equipo.

Hay que confirmar que el bombillo de encendido está iluminado.

La pantalla HMI del tablero de control se encenderá automáticamente y mostrará la siguiente interfaz, el usuario debe activar el botón “INICIAR”.

A continuación, se mostrará una check list de la adecuación del sistema, el cual debe ser marcado confirmando que se siguieron las recomendaciones y cuando todo este chequeado se activará el botón “SEGUIR”.

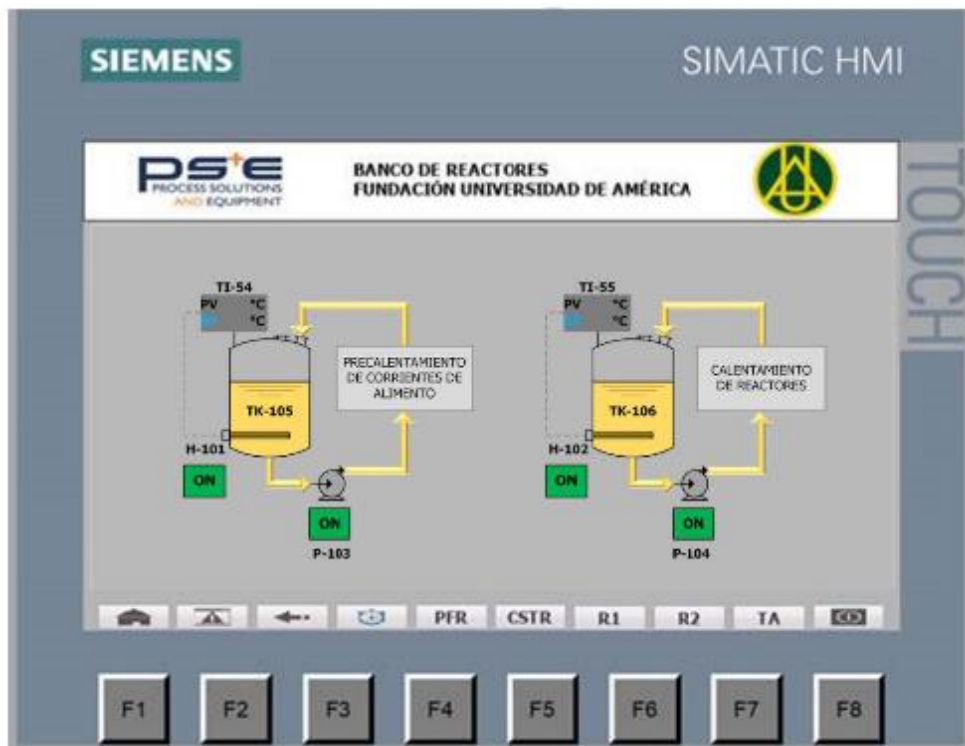
4.2.1.d. Encendido de calentamiento de aceite térmico.

Se recomienda realizar esta sección minutos antes de la operación del equipo, ya que el calentamiento del aceite puede tardar varios minutos.

En la pantalla del equipo, seleccionar la pestaña “TA” que lo dirige a la interfaz para operar el baño de aceite térmico. Esta se compone de 2 sistemas de recirculación, el que se encuentra a la izquierda es el fluido de calentamiento para los 2 precalentadores de reactivo y el de la derecha es el fluido de calentamiento para todos los reactores del equipo.

Figura 96.

Pestaña de preparación del aceite térmico en el tablero de control.



Nota. Pestaña de preparación del aceite térmico tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Determinar la temperatura a la cual se quiere calentar el aceite en cada sistema.

Para lo cual se debe seleccionar la casilla correspondiente a SP (Set Point), escribir el valor y selecciona “OK”.

Hay que confirmar que solo la válvula de retorno al tanque se encuentre abierta para la cual revisar:

Tabla 117.

Válvulas que deben estar cerradas y abiertas en los precalentadores y los reactores.

Posición	Precalentadores		Reactores	
Abierto	V-156	V-158	V-165	V-167
Cerrado	V-157	V-159	V-166	V-168

Nota. Tabla de válvulas tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Encender la resistencia y la bomba de recirculación.

4.2.1.e. Preparación de reactivos.

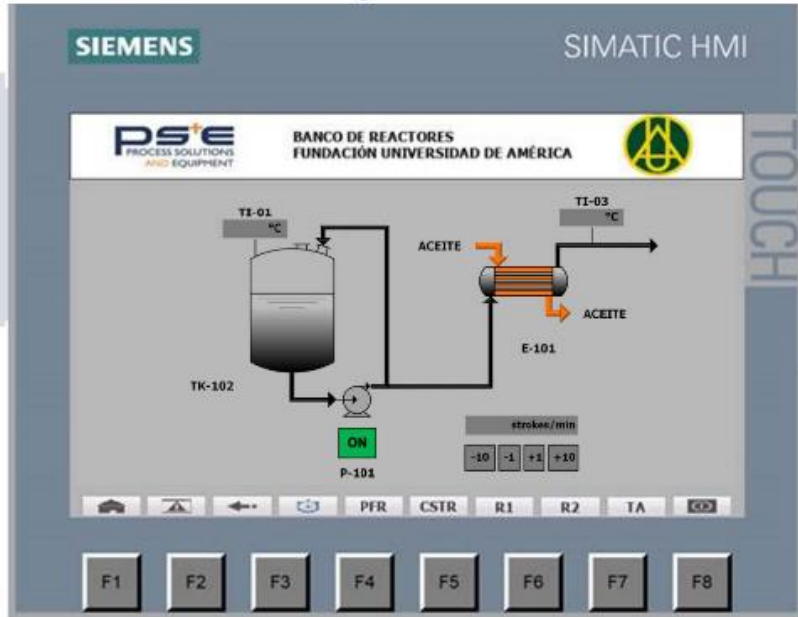
El equipo cuenta con 2 tanques de almacenamiento de reactivos de 15 L y 2 bombas dosificadoras que alimentan cada reactivo respectivamente. Los tipos de reactivos que pueden ser utilizados son (las válvulas indicadas corresponden a TK-101 y en paréntesis las que corresponden a TK-102):

- a. En un balde externo mida la cantidad de líquido que va a utilizar, considerando las purgas que se deben realizar y las horas de trabajo.
- b. Separe la conexión de la termocupla que se encuentra en la tapa del tanque TI-01 (TI-02).
- c. Desatornille la abrazadera clamp de la tapa y de la línea de retorno.
- d. Retire la tapa, teniendo precaución con el empaque, el bulbo de la termocupla y el manómetro.
- e. Verifique que las válvulas V-3, V-4 y V-5 (V-38, V-39 y V-40) se encuentren cerradas.
- f. Adicione con cuidado y lentamente el fluido.
- g. Coloque la tapa del tanque de nuevo, atorníllela y realice la conexión de la termocupla.
- h. Realice los cálculos de la concentración que debe preparar.
- i. Prepare una solución inicial, para ser posteriormente diluida de 10 a 20 veces en el tanque de equipo.
- j. Mida la cantidad de solvente que debe adicionar en la dilución.

- k.** Separe la conexión de la termocupla que se encuentra en la tapa del tanque TI-01 (TI-02).
- l.** Desatornille la abrazadera clamp de la tapa y de la línea de retorno.
- m.** Retire la tapa, teniendo precaución con el empaque, el bulbo de la termocupla y el manómetro.
- n.** Verifique que las válvulas V-3, V-4 y V-5 (V-38, V-39 y V-40) se encuentren cerradas.
- o.** Adiciones con cuidado y lentamente el solvente.
- p.** Si la cantidad de reactivo a disolver es mayor a 1L, adiciónela directamente al tanque, lentamente y con cuidado.
- q.** Si la cantidad de reactivo a disolver preparada es baja, coloque la tapa del tanque de nuevo, atorníllela y realice la conexión de la termocupla.
- r.** Abra la válvula debajo del embudo y adicione lentamente.
- s.** Para mezclar la solución:
 - Verifique que V-2 (V-37) se encuentren abiertas.
 - Abra la válvula V-6 (V-41) y cierre la V-8 (V-43).
 - Diríjase a la pantalla de control y seleccione la pestaña o botón del reactivo que desea mezclar. Tomando como ejemplo R1, se encontrará con la siguiente interfaz:

Figura 97.

Pestaña de preparación de los reactivos.



Nota. Pestaña de preparación de los reactivos tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

- Pulse el botón de encendido de la bomba.
- Digite un valor de strokes/min cercano a 65.
- Espere un tiempo recomendado de 5 minutos mientras se mezclan los componentes.
- Luego pulse el botón de apagado de la bomba.

4.2.1.f. Medición en rotámetros.

Los rotámetros OMEGA® se encuentran calibrados para agua a 70°F (21.1°C). Para conocer el flujo real de otra sustancia o agua a mayor temperatura se recomienda utilizar la siguiente conversión:

Factor de corrección $LSGCF$:

$$LSGCF = \sqrt{\frac{SG_{ref} - SG_m}{SG_{ref} - 1 \times SG_m}}$$

Donde:

- $LSGCF$ es el factor de corrección por gravedad específica de líquido.
- SG esfera = 8.04 es la gravedad específica de esfera en acero inoxidable 316.
- SG m es la gravedad específica de la sustancia de medición. (Experimentalmente)

Determinar el flujo de muestra como: $\dot{V}_m = \dot{V}_{agua} * LSGCF$

Donde:

- \dot{V}_m = es el flujo volumétrico de la sustancia de medición.
- \dot{V}_{agua} = es el flujo volumétrico que indica el rotámetro.

Tabla 118.

Flujos de agua en los rotámetros según su escala de lectura.

Escala de lectura	Flujo de agua [ml/min]	Flujo de agua [l/h]
150	44,3	2,66
140	41,2	2,47
130	38,2	2,29
120	35,8	2,15
110	32,9	1,97
100	30	1,8
90	27,3	1,64
80	24,6	1,48
70	21,7	1,3
60	18,7	1,12
50	15,8	0,95
40	12,8	0,77
30	9,8	0,59
20	6,8	0,41
10	4	0,24

Nota. Tabla de flujos tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

4.2.1.g. Operación de reactor CSTR (Batch).

Medir previamente el volumen de los reactivos a adicionar.

Retirar el acople del agitador del reactor seleccionado.

Precaución: Si el equipo se ha operado previamente, estas partes pueden estar calientes, es mandatorio usar guantes de carnaza.

Retirar las abrazaderas clamp de las tuberías de reactivos, alimentación lateral y condensador.

Precaución: Tener cuidado con los empaques blancos de PTFE que se encuentran en la unión clamp de la tubería.

Desconectar cuidadosamente la termocupla correspondiente.

Retirar la abrazadera de la tapa del reactor y levantar la tapa en dirección vertical.

Precaución: No golpear el agitador al levantar la tapa del motor y tener cuidado con el empaque que se encuentra en la tapa.

Verificar que las válvulas de desagüe y toma muestras del reactor se encuentren cerradas.

Cargar los reactivos correspondientes.

Ubicar el empaque de la tapa en el lugar correspondiente.

Colocar la tapa del reactor, acomodando adecuadamente el empaque.

Asegurar con las abrazaderas clamp de las tuberías de reactivos, alimentación lateral y condensador, revisando que el empaque de PTFE se encuentre en su posición correcta.

Hacer pasar el fluido de calentamiento por el reactor seleccionado, teniendo en cuenta la temperatura a la que se definió el calentamiento del aceite térmico. Para habilitar el paso del aceite se debe abrir la V-166, se debe abrir únicamente la válvula correspondiente a el reactor seleccionado:

Tabla 119.

Válvulas que deben ser abiertas según el reactor.

Reactor	Valvula abierta
1L – R-101	160
1L – R-102	170
1L – R-103	171
3L – R-104	172

Nota. Tabla de válvulas tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Cerrar la válvula de retorno al tanque de aceite V-167.

4.2.1.h. Operación en el banco de reactores.

4.2.1.h.i. Operación de reactor CSTR (Continuo).

El paso de líquido hasta la válvula del enfriador, sino cuando el enfriador se abra se va a llenar ese volumen y se vacía de nuevo el reactor

Cargar los 2 reactivos al tiempo, para que la fracción volumétrica sea aproximadamente 1:1 inicialmente, para reacciones de saponificación o esterificación

En caso de ser una proporción diferente, se puede hacer la medición del flujo por medio de la calibración de la bomba dosificadora y que solo se esté utilizando una de las 2 secciones

Habilitar la línea de flujo hasta el reactor seleccionado para alimentar los reactivos, para lo cual se debe hacer la siguiente configuración:

Cerrar el retorno al tanque de alimento y habilitar la línea de proceso.

Tabla 120.

Válvulas que deben estar cerradas y abiertas en la salida de los tanques de los reactivos.

Posición	R1	R2
Abierto	V-8	V-43
Cerrado	V-6	V-41

Nota. Tabla de válvulas tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Revisar que los desagües de toda la línea de flujo de alimento de reactivos se encuentren cerrados.

Tabla 121.

Válvulas que deben estar cerradas en los flujos de alimento.

Posición	Equipo	R1	R2
Cerrado	Tanque de alimento	V-3	V-38
	Bomba	V4 V-5	V-39 V-40
	Pre calentador	V-10 V-11	V-45 V-46
	Marrano	V-23	V-58

Nota. Tabla de válvulas tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Revisar que los desagües del reactor elegido y el enfriador se encuentren cerrados.

Tabla 122.

Válvulas que deben estar cerradas a las salidas de los reactores.

Posición	Equipo	Mezcla
Cerrado	CSTR 1L	V-90
	CSTR 3L	V-96
	Enfriador	V-98 V-100

Nota. Tabla de válvulas tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Elegir el reactor a utilizar en el marrano.

Permitir un flujo a to, haciendo bypass al rotámetro.

Cuando llegue al nivel establecido. Disminuir el flujo de reactivo y habilitar el rotámetro.

Abrir válvula de descarga para que el producto pase por el enfriador.

Tabla 123.

Válvulas que deben estar cerradas y abiertas en las descargas de los reactores.

Posición	R1			R2		
	General	Reactor 1L	Reactor 3L	General	Reactor 1L	Reactor 3L
Abierto	V-008 V-009 V-012 V-015	V-019	V-021	V-037 V-038 V-040 V-043	V-046	V-047
Cerrado	V-006 V-010 V-011 V-014 V-016 V-089	V-017 V-021	V-017 V-019	V-036 V-039 V-048 V-085	V-045 V-047	V-045 V-046

Nota. Tabla de válvulas tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

Precaución: En caso de que no se este operando la línea de PFR revisar que las válvulas V-011 y V-041 se encuentren cerradas.

4.2.1.h.ii. Operación de reactor CSTR (Batch). operación de reactor PFR (Continuo) y operación de reactor PBR (Continuo). El manual de operaciones proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.), no incluye estas operaciones, por ello el Equipo del CEPIIS, ha elaborado los manuales de operación para cada uno de los equipos, incluyendo los del CETA. Para encontrar los pasos a seguir en estas operaciones, pueden entrar al siguiente enlace donde los llevara a la página principal de todos los manuales de operación del CEPIIS:

Link de los manuales de operación: <https://manualescepiisfua.weebly.com/>

A continuación deberán seguir los pasos mostrados en las figuras 94, 95, 96, 97 y 98

Figura 98.

Inicio página del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible.



Nota. La captura fue tomada por el equipo CEPIIS, tomando como referencia Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) – Universidad de América, “Higiene y seguridad industrial”.

Figura 99.

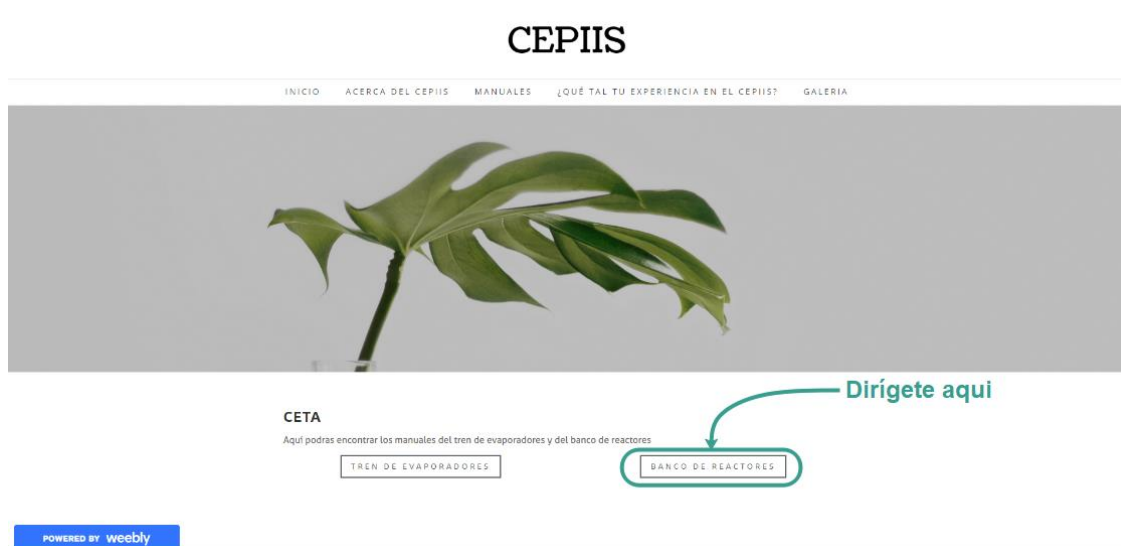
Sección de “manuales” del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible.



Nota. La captura fue tomada por el equipo CEPIIS, tomando como referencia Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) – Universidad de América, “Higiene y seguridad industrial”.

Figura 100.

Sección de “manuales del CETA” del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible.



Nota. La captura fue tomada por el equipo CEPIIS, tomando como referencia Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) – Universidad de América, “Higiene y seguridad industrial”.

Figura 101.

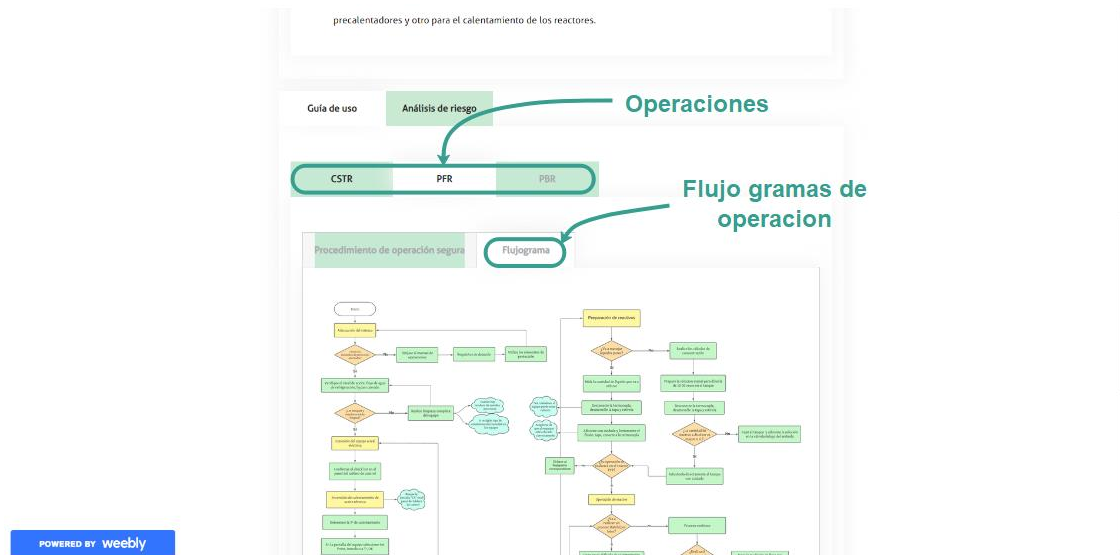
Sección de “manuales del banco de reactores” del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible.



Nota. La captura fue tomada por el equipo CEPIIS, tomando como referencia Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) – Universidad de América, “Higiene y seguridad industrial”.

Figura 102.

Sección de “conoce el equipo” del banco de reactores del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible.



Nota. La captura fue tomada por el equipo CEPIIS, tomando como referencia Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) – Universidad de América, “Higiene y seguridad industrial”.

Ya adentro podrás ver los manuales operativos de cada operación del banco de reactores (CSTR, PFR y PBR), guías de uso, análisis de riesgos, flujo gramas de operación, entre otros.

4.2.1.i. Mantenimiento del motorreductor.

Es indispensable realizar mantenimiento periódico del motorreductor instalado sobre el percolador para obtener un correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. Para realizar los trabajos de mantenimiento, el personal especializado debe tener las siguientes precauciones.

Desconectar el motorreductor de la corriente antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento.

Asegurarse de que no existe ningún momento de torsión antes de soltar uniones de los ejes.

Dejar que el motorreductor se enfríe antes de realizar los trabajos.

Evitar la caída de cuerpos extraños en el reductor durante los trabajos.

Realizar una revisión de funcionamiento del motorreductor después de llevar a cabo el mantenimiento.

No desechar en el medio ambiente líquidos contaminantes ni piezas sustituidas.

El mantenimiento consiste en:

Revisar los engranajes y rodamientos para identificar posible deterioro. Si es necesario, se deben cambiar las piezas deterioradas o que presenten rupturas.

Comprobar el nivel de aceite lubricante, adicionar aceite si es necesario.

Comprobar regularmente la presencia de posibles fugas de aceite.

Cambiar el lubricante si éste ha cumplido con su vida útil. No mezclar lubricantes diferentes.

4.2.1.j. Bomba centrífuga.

El mantenimiento es parte indispensable para la correcta operación de la bomba y se recomienda llevarlo a cabo en un lugar limpio que no esté expuesto al polvo u otros elementos contaminantes.

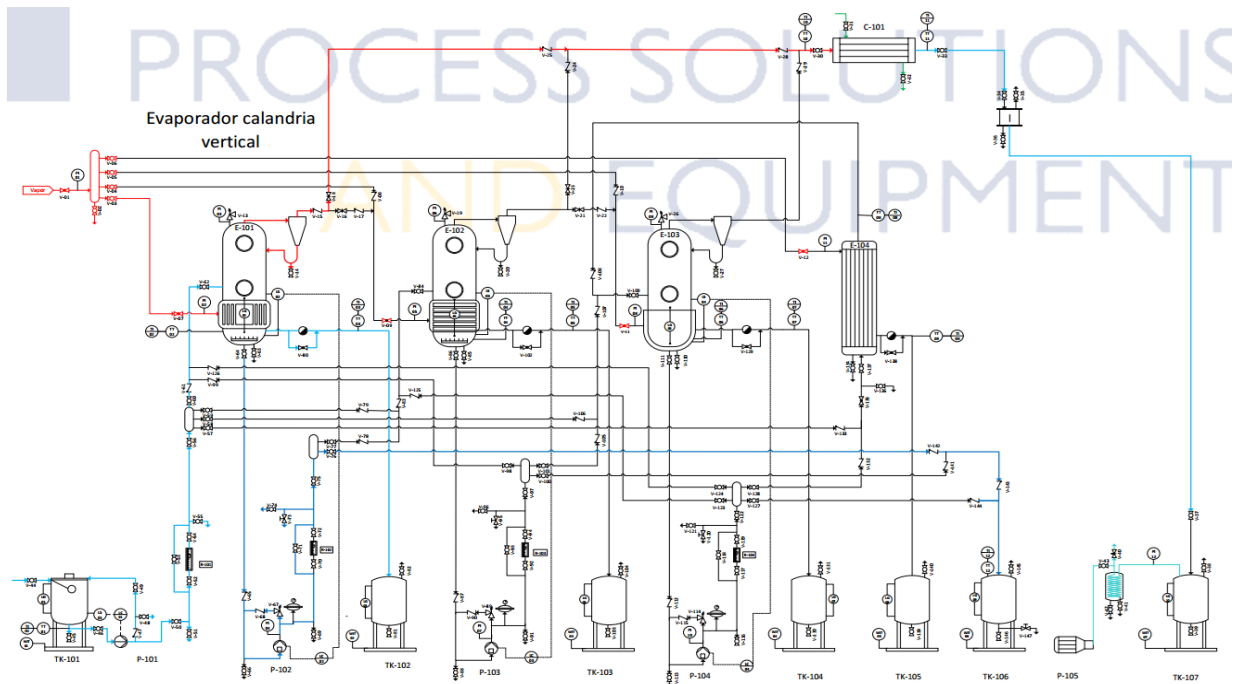
Las bombas centrífuga pueden operar por largo tiempo sin supervisión constante. Se recomienda una inspección a intervalos de cerca de 12 meses. En caso de observar goteo por la empaquetadura se recomienda realizar un cambio de empaques.

4.2.2. Manual de operación del tren de evaporadores por el proveedor PSE

La operación del tren de evaporadores de acuerdo con la empresa proveedora de estos se consigna teóricamente en los manuales otorgados a través de una serie de pasos que permiten garantizar una puesta en marcha segura y confiable de acuerdo con las especificaciones de cada equipo. A continuación, se presenta una guía práctica de las instrucciones de uso del equipo:

Figura 103.

Esquema de la operación en el tren de evaporadores.



Nota. Diagrama de flujo del tren de evaporadores tomado de Ayala Padilla, L. E., (2019). “Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.” y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), “Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),”.

Para ver de mejor manera este diagrama.

https://drive.google.com/drive/folders/1eB5mM9I8yCuF-dND9PCwqlhRytmRzIUUV?usp=share_link

Figura 104.

Portada del manual de operaciones del tren de evaporadores, proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE) S.A.S.



Nota. Portada del manual tomada de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)".

4.2.2.a. Esquemas para la operación del tren de evaporadores.

Para empezar con la operación en el tren de evaporadores, se debe hacer una adecuación del sistema aquí se deberá verificar que los servicios estén funcionando correctamente, primero verificar el nivel de aceite, flujo de agua de refrigeración y que los bypass estén cerrados. Luego verificar que los equipos como los tanques y evaporadores estén limpios antes de empezar la operación, ahora que se han hecho las verificaciones correctas se puede hacer la conexión de la unidad a la red eléctrica.

Encender el tablero de control y llenar la check list para confirmar que todo está en correcto orden, al terminar se debe dirigir al esquema correspondiente a la operación que desea realizar, ya sea para la operación en simple efecto, con recirculación forzada, doble efecto en paralelo o en contracorriente, triple efecto en paralelo o contra corriente, y triple efecto con alimentación mixta. A continuación podremos encontrar cada uno de los esquemas correspondientes a cada operación, los cuales fueron proporcionados por nuestras compañeras Laura Melissa Gonzales Duarte y Chelsea Valentina Sánchez Muños en su trabajo para optar el título de ingenieros químicos [41].

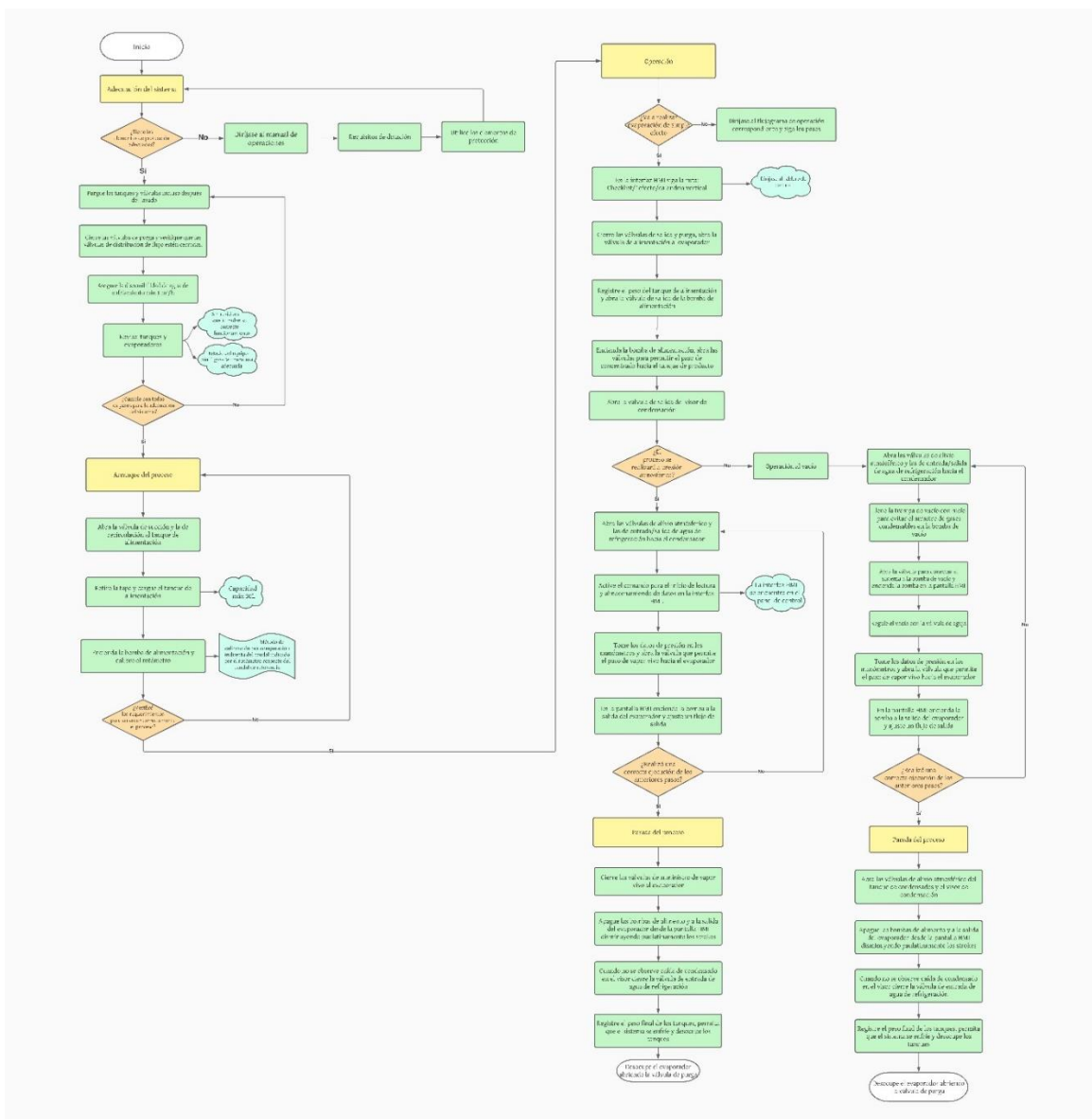
En las secciones 3.2.2.b a 3.2.2.w pueden encontrar más detalladamente la forma de operación del banco de reactores.

Las operaciones dentro del tren de evaporadores manejarán temperaturas por debajo de 150°C para evitar aumentos de presión innecesarios, y no llevar a presiones de más de 3 bares debido a que es la presión máxima en las bombas.

4.2.2.a.i. Evaporación simple efecto.

Figura 105.

Esquema de operación simple efecto en el tren de evaporadores.



Nota. Esquema de operación simple efecto en el tren de evaporadores proporcionado por L. M. Gonzalez Duarte, C. V. Sánchez Muñoz, "Propuesta Para El Desarrollo De Los Manuales De Operación Para El Centro De Transformación Y Adecuación (Ceta) Del Centro De Procesos E Innovación Para La Industria Sostenible (Cepsii)".

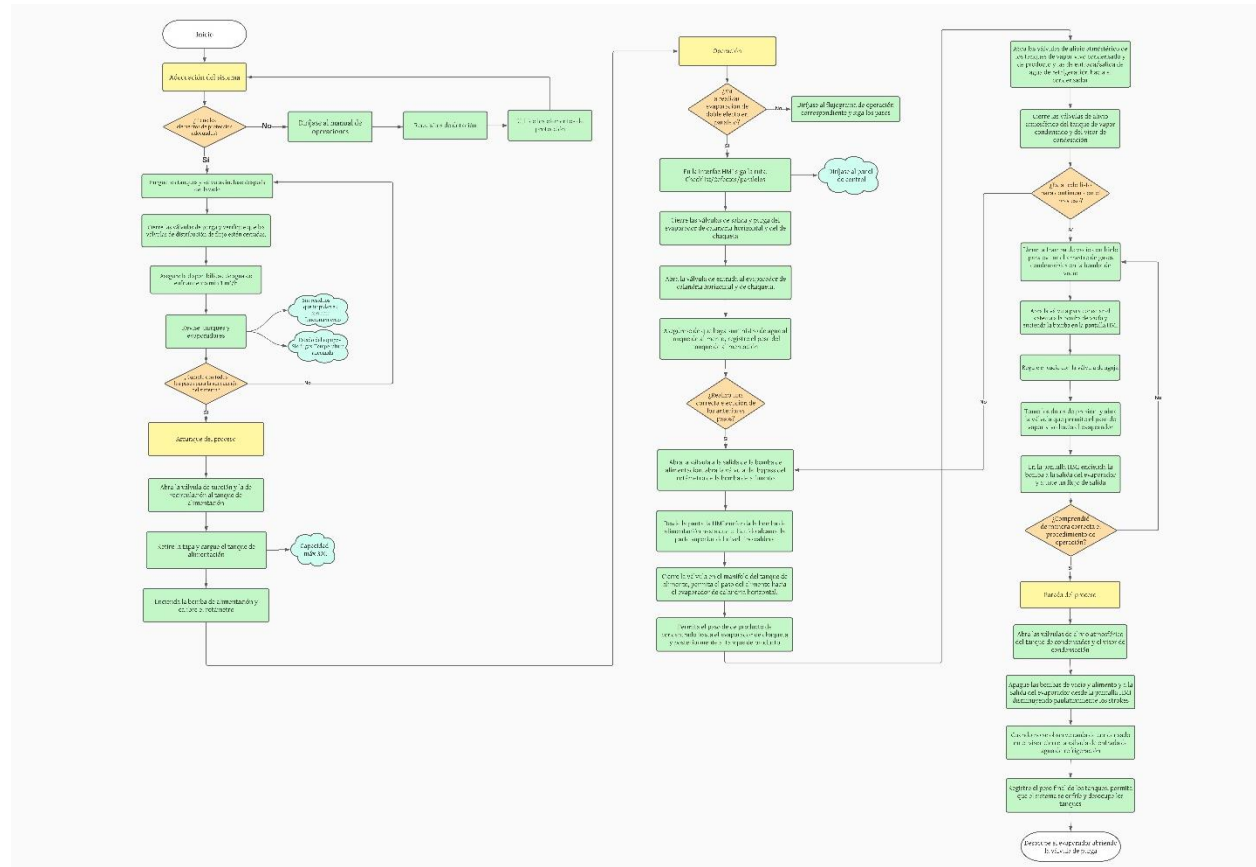
Para ver de mejor manera este diagrama.

<https://manualescepiisfua.weebly.com/uploads/1/4/3/8/143895930/ ev-simple efecto.pdf>

4.2.2.a.iii. Evaporación doble efecto en paralelo.

Figura 107.

Esquema de operación doble efecto en paralelo en el tren de evaporadores.



Nota. Esquema de operación doble efecto en paralelo en el tren de evaporadores proporcionado por L. M. Gonzalez Duarte, C. V. Sánchez Muñoz, "Propuesta Para El Desarrollo De Los Manuales De Operación Para El Centro De Transformación Y Adecuación (Ceta) Del Centro De Procesos E Innovación Para La Industria Sostenible (Cepiis)".

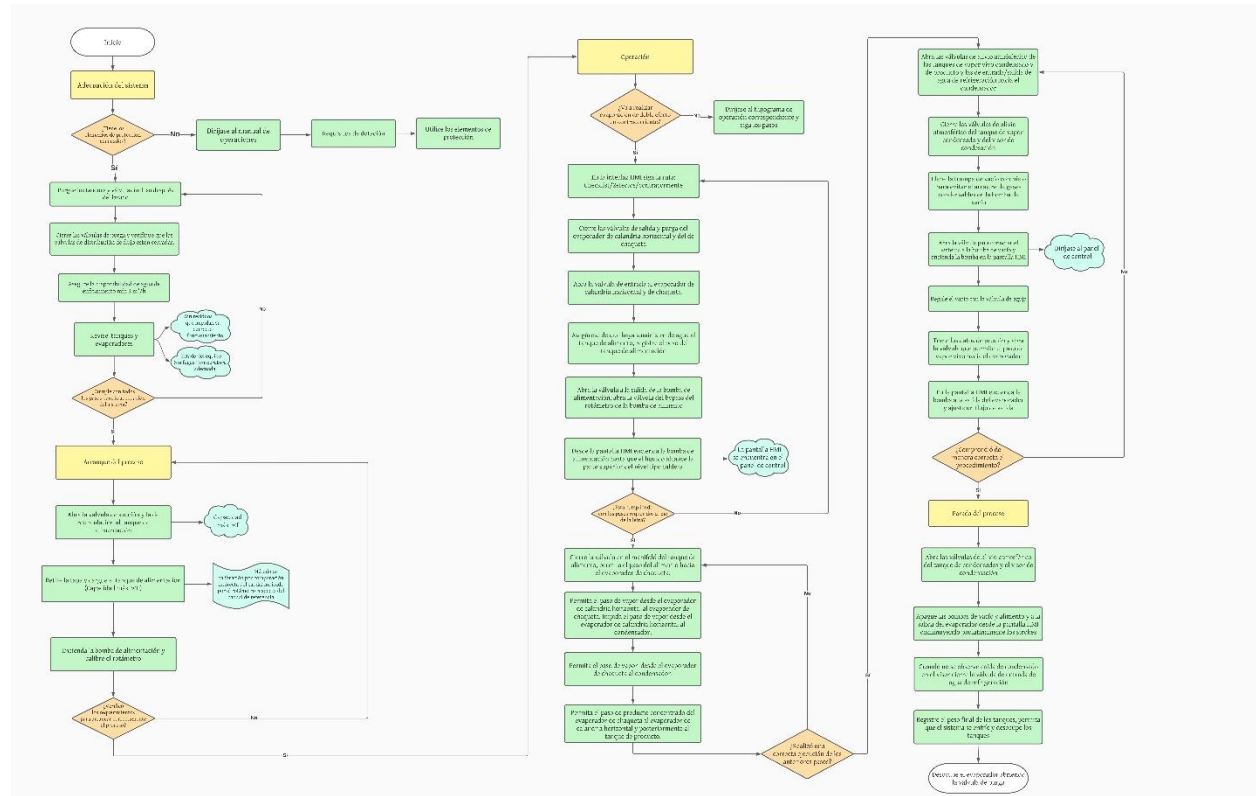
Para ver de mejor manera este diagrama.

https://manualescepiisfua.weebly.com/uploads/1/4/3/8/143895930/ev-doble_efecto_en_paralelo.pdf

4.2.2.a.iv. Evaporación doble efecto en contracorriente.

Figura 108.

Esquema de operación doble efecto en contracorriente en el tren de evaporadores.



Nota. Esquema de operación doble efecto en contracorriente en el tren de evaporadores proporcionado por L. M. Gonzalez Duarte, C. V. Sánchez Muñoz, "Propuesta Para El Desarrollo De Los Manuales De Operación Para El Centro De Transformación Y Adecuación (Ceta) Del Centro De Procesos E Innovación Para La Industria Sostenible (Cepiis)".

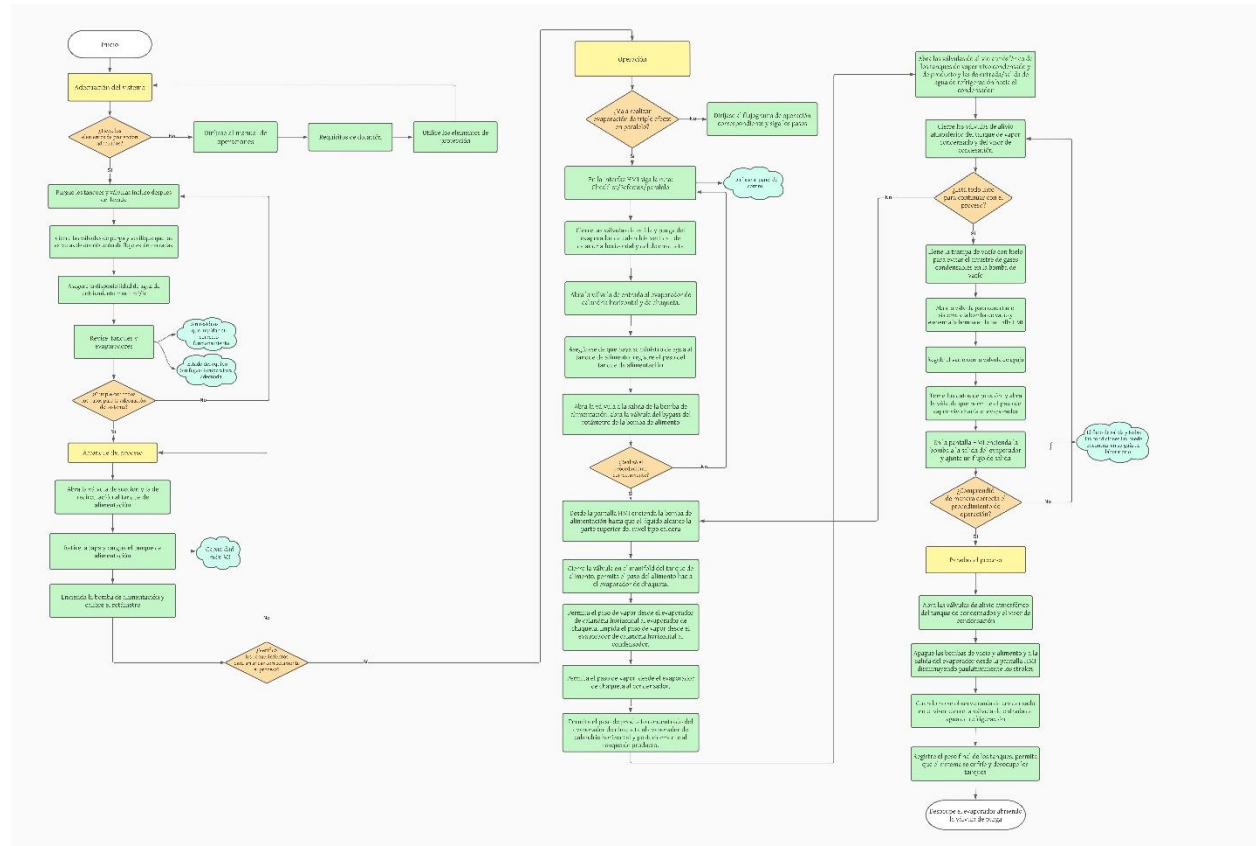
Para ver de mejor manera este diagrama.

https://manualescepiisfua.weebly.com/uploads/1/4/3/8/143895930/flujograma_evaporador_doble_efecto_en_contracorriente.pdf

4.2.2.a.v. Evaporación triple efecto en paralelo.

Figura 109.

Esquema de operación triple efecto en paralelo en el tren de evaporadores.



Nota. Esquema de operación triple efecto en paralelo en el tren de evaporadores proporcionado por L. M. Gonzalez Duarte, C. V. Sánchez Muñoz, "Propuesta Para El Desarrollo De Los Manuales De Operación Para El Centro De Transformación Y Adecuación (Ceta) Del Centro De Procesos E Innovación Para La Industria Sostenible (Cepiis)".

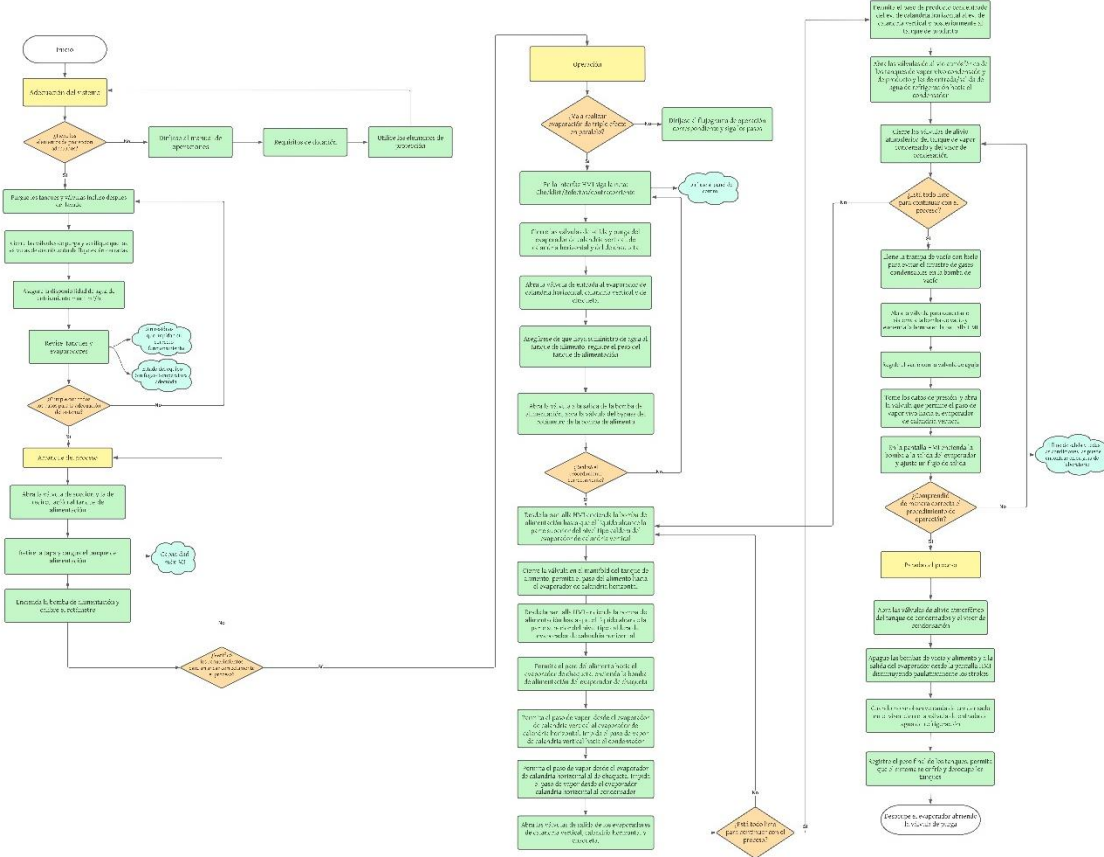
Para ver de mejor manera este diagrama.

https://manualescepiisfua.weebly.com/uploads/1/4/3/8/143895930/flujograma_evaporador_triple_efecto_en_paralelo.pdf

4.2.2.a.vi. Evaporación triple efecto en contracorriente.

Figura 110.

Esquema de operación triple efecto en contracorriente en el tren de evaporadores.



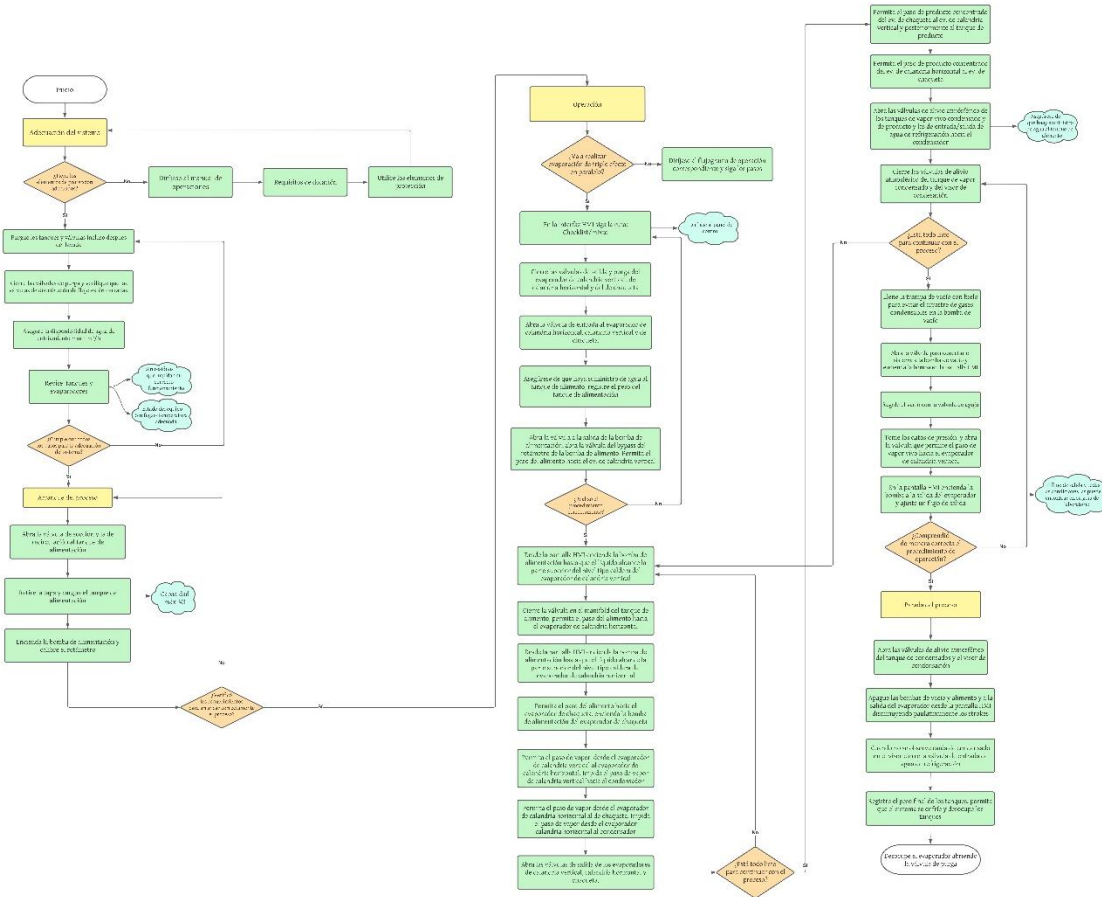
Nota. Esquema de operación triple efecto en contracorriente en el tren de evaporadores proporcionado por L. M. Gonzalez Duarte, C. V. Sánchez Muñoz, "Propuesta Para El Desarrollo De Los Manuales De Operación Para El Centro De Transformación Y Adecuación (Ceta) Del Centro De Procesos E Innovación Para La Industria Sostenible (Cepiis)".

Para ver de mejor manera este diagrama.
https://manualescepiisfua.weebly.com/uploads/1/4/3/8/143895930/flujograma_evaporador_triple_efecto_en_contracorriente.pdf

4.2.2.a.vii. Evaporación triple efecto con alimentación mixta.

Figura 111.

Esquema de operación triple efecto con alimentación mixta en el tren de evaporadores.



Nota. Esquema de operación triple efecto con alimentación mixta en el tren de evaporadores proporcionado por L. M. Gonzalez Duarte, C. V. Sánchez Muñoz, "Propuesta Para El Desarrollo De Los Manuales De Operación Para El Centro De Transformación Y Adecuación (Ceta) Del Centro De Procesos E Innovación Para La Industria Sostenible (Cepiis)".

Para ver de mejor manera este diagrama.

https://manualescepiisfua.weebly.com/uploads/1/4/3/8/143895930/flujograma_evaporador_triple_efecto_alimentacio%CC%81n_mixta.pdf

4.2.2.b. Adecuación del sistema.

Tener a la mano las herramientas para la operación, así como los elementos de seguridad y aseo y vestir la indumentaria adecuada para el proceso.

Purgar los tanques y válvulas donde pueda haber acumulado material de prácticas anteriores.

Asegurar que las válvulas de purga y toma muestras de los tanques y las líneas de proceso se encuentran limpias y sin bloqueos que impidan su funcionamiento (V-02, V-14, V-20, V-27, V-36, V-39, V-41, V-42, V-45, V-48, V-51, V-55, V-63, V-63, V-66, V-69, V-73, V-74, V-81, V-85, V-88, V-91, V-95, V-96, V-103, V-110, V-113, V-116, V-120, V-121, V-130, V-134, V-136, V-139, V-146, V-147).

Cerrar las válvulas de purga de los equipos y tubería para evitar descargas no controladas.

Verificar que cada una de las válvulas de salida de los dispositivos para distribución de flujo (manifolds) estén cerradas (V-01, V-03, V-04, V-05, V-06, V-56, V-57, V-58, V-59, V-60, V-75, V-76, V-77, V-97, V-98, V-100, V-101, V-122, V-123, V-124, V-127, V-128).

Asegurar la disponibilidad de agua de enfriamiento. Si no se cuenta con mínimo 1 m³/h de agua para refrigeración no se puede continuar con el proceso.

Energizar las cajas eléctricas de controles. Verificar que el sistema cuenta con energía. El testigo luminoso (bombillo) que se encuentra sobre el pulsador de emergencia en la caja eléctrica debe estar encendido.

Asegurarse que los indicadores de nivel se encuentran abiertos. Revisar: tanque de alimento (LG-01), tanques de recolección de condensados de vapor vivo (LG-03, LG-05, LG-07 y LG-08), tanque de condensado total (LG-10) y tanque de producto (LG-09), evaporador vertical (LG-02), evaporador horizontal (LG-04), evaporador de chaqueta (LG-06).

4.2.2.c. Arranque del tanque de alimentación.

Abrir totalmente la válvula de succión (V-46) y la válvula de recirculación al tanque de alimentación (V-49). Cerrar la válvula de descarga de la bomba hacia el rotámetro (V-50).

Retirar la tapa y cargar el tanque de alimentación (TK-101). La capacidad neta del tanque es de 50 L, y este se debe llenar máximo en un 80%. En caso de que la práctica se vaya a realizar con agua pura, abrir la válvula (V-44) que debe estar conectada al suministro de agua de la planta piloto.

Encender la bomba de alimentación (P-101) desde el tablero de control.

Luego de algunos minutos de recirculación de alimentación al tanque, se procede a la calibración del rotámetro de alimentación.

4.2.2.d. Calibración del rotámetro de alimentación.

El método de calibración sugerido es por “comparación indirecta” del caudal indicado por el rotámetro respecto del caudal de referencia. Se calcula midiendo el volumen de fluido recolectado a través de la válvula de calibración en un tiempo determinado. El método de calibración sugerido para el rotámetro de alimentación se debe repetir para los demás rotámetros que se encuentran en el equipo.

4.2.2.e. Configuración evaporación de simple efecto (Calandria vertical).

Desde la interfaz HMI seleccionar la operación de evaporación simple efecto en el evaporador de calandria vertical siguiendo la ruta: Check list/1efecto/Calandria vertical.

Cerrar las válvulas de salida y purga del evaporador de calandria vertical (V-63 y V-64).

Verificar que la válvula para calibración del rotámetro R-101 (V-54) se encuentra cerrada.

Abrir la válvula de alimentación al evaporador de calandria vertical (V-61).

Abrir la válvula (V-60) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de calandria vertical.

Verificar que las válvulas de alimentación a los demás efectos se encuentran cerradas (V-57, V-58, V-59)

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Registrar el peso del tanque de alimentación (TK-101).

Abrir la válvula (V-50) a la salida de la bomba de alimentación (P-101).

Abrir la válvula (V-53) de bypass del rotámetro de la bomba de alimento.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-01) del evaporador de calandria vertical.

Cerrar la válvula (V-16) que permite el paso de vapor desde el evaporador de calandria vertical hacia el evaporador de calandria horizontal.

Abrir las válvulas para permitir el paso de vapor desde el evaporador de calandria vertical al condensador (V-18 y V-30).

Cerrar las válvulas de purga de los tanques de vapor vivo condensado (TK-102), de producto (TK-106) y de condensados (TK-107): V-81, V-146, V-147 y V-39.

Abrir las válvulas (V-52, V-54) a la entrada y salida del rotámetro de la bomba de alimento (P-101).

Cerrar la válvula (V-53) de bypass de la bomba de alimento.

Abrir la válvula (V-64) de salida de producto del evaporador de calandria vertical.

Cerrar las válvulas (V-66, V-69, V-73, V-74 y V-63) de bypass, calibración, toma de muestras de la bomba (P-102) y desagües a la salida del evaporador de calandria vertical.

Verificar que la válvula que da paso al producto desde evaporador de calandria vertical hacia el evaporador de calandria horizontal (V-77) se encuentra cerrada.

Abrir las válvulas (V-70, V-72, V-75 y V-76) para permitir el paso del producto concentrado hasta el tanque de producto (TK-106).

Abrir la válvula de salida (V-37) del visor de condensación.

Cerrar las válvulas (V-04, V-05 y V-06) que permiten el paso de vapor vivo hacia otros evaporadores diferentes al que se va a operar.

Precaucion: La operación de evaporación en un solo efecto se puede realizar a presión atmosférica o a presiones de vacío de acuerdo con los requerimientos de la práctica.

4.2.2.f. Calandria vertical operación a presión atmosférica.

Abrir las válvulas (V-82, V-145, V-38, V-35) de alivio atmosférico de los tanques de vapor vivo condensado (TK-102), de producto (TK-106), de condensados (TK-107) y del visor de condensación.

Abrir las válvulas que permiten la entrada y salida de agua de refrigeración hacia el condensador (V-31 y V-32).

Desde la interfaz HMI activar el comando para iniciar la lectura y almacenamiento de datos en el tiempo.

Tomar datos de presión en los manómetros: PI-02, PI-03 y PI-12 en los mismos intervalos de tiempo que sean tomados los datos de temperatura y masa.

Abrir la válvula (V-03) para permitir el paso de vapor vivo hacia el evaporador de calandria vertical y regular su presión usando la válvula (V-07).

Desde la pantalla HMI encender la bomba (P-102) a la salida del evaporador de calandria vertical y ajustar un flujo de salida.

Rectificar el flujo en la bomba (P-102) haciendo uso del rotámetro (R-102).

Desde la pantalla HMI encender la bomba de alimento (P-101) y ajustar su flujo con el rotámetro (R-101).

Verificar el inicio de la operación a partir de la caída de condensado en el visor.

4.2.2.g. Calandria vertical operación al vacío.

Abrir las válvulas (V-82, V-145) de alivio atmosférico de los tanques de vapor vivo condensado (TK-102) y de producto (TK-106).

Cerrar las válvulas (V-35, V-38) de alivio atmosférico del tanque de vapor condensado (TK-107) y del visor de condensación.

Abrir las válvulas que permiten la entrada y salida de agua de refrigeración hacia el condensador (V-31 y V-32).

Llenar la trampa de vacío con hielo para evitar el arrastre de gases condensables en la bomba de vacío (P-105).

Abrir la válvula (V-43) para conectar el sistema a la bomba de vacío.

Desde la pantalla HMI encender la bomba de vacío (P-105).

Regular el vacío usando la válvula de aguja (V-40).

Desde la interfaz HMI activar el comando para iniciar la lectura y almacenamiento de datos en el tiempo.

Tomar datos de presión en los manómetros: PI-02, PI-03 y PI-12 en los mismos intervalos de tiempo que sean tomados los datos de temperatura y masa.

Abrir la válvula (V-03) para permitir el paso de vapor vivo hacia el evaporador de calandria vertical y regular su presión usando la válvula (V-07).

Desde la pantalla HMI encender la bomba (P-102) y ajustar un flujo de salida.

Rectificar el flujo en la bomba (P-102) haciendo uso del rotámetro (R-102).

Desde la pantalla HMI encender la bomba de alimento (P-101) y ajustar su flujo con el rotámetro (R-101).

Verificar el inicio de la operación a partir de la caída de condensado en el visor.

Precaucion: Si no se presenta generación de condensado las posibles fallas pueden estar relacionadas con el suministro vapor o fallas en el suministro en el fluido de refrigeración. El seguimiento de la operación se puede realizar a través de la revisión del cambio en el tiempo de las masas de los tanques de alimento (TK-101), vapor condensado (TK-102), producto (TK-106) y condensados (TK-107).

Precaucion: Es importante revisar constantemente el nivel del líquido en cada uno de los tanques. En el caso de que el líquido llegue a la posición superior del nivel tipo caldera: registre el peso del tanque, ubique un balde bajo el mismo y abra la válvula de purga. Al terminar el proceso anterior cierre la válvula y continúe con la operación.

4.2.2.h. Evaporación de circulación forzada.

Desde la interfaz HMI seleccionar la operación de evaporación de circulación forzada siguiendo la ruta: Check list/1efecto/Circulación forzada.

Cerrar las válvulas (V-110, V-111) de salida y purga del evaporador de chaqueta.

Cerrar las válvulas de calibración del alimento y de purga del evaporador de circulación forzada (V-134, V-136).

Abrir completamente las válvulas (V-135, V-137) de entrada al evaporador de circulación forzada.

Abrir la válvula (V-59) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de chaqueta.

Abrir válvula (V-109) de entrada del evaporador de chaqueta.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Registrar el peso del tanque de alimentación (TK-101).

Abrir la válvula (V-50) a la salida de la bomba de alimentación (P-101).

Abrir la válvula (V-53) de bypass del rotámetro de la bomba de alimento.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-06) del evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-59) en el manifold del tanque de alimento.

Abrir la válvula (V-57) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso hacia el evaporador de circulación forzada.

Abrir la válvula para permitir el paso de vapor desde el evaporador de chaqueta al condensador (V-30).

Cerrar las válvulas (V-139, V-146, V-147 y V-39) de purga de los tanques de vapor vivo condensado (TK-105), de producto (TK-106) y de condensados (TK-107).

Abrir las válvulas (V-52, V-54) a la entrada y salida del rotámetro de la bomba de alimento (P-101).

Cerrar la válvula (V-53) de bypass de la bomba de alimento.

Abrir la válvula (V-111) de salida de producto del evaporador de chaqueta.

Cerrar las válvulas (V-113, V-116, V-120, V-121) de bypass, desagüe, calibración y toma de muestras de la bomba (P-104) a la salida del evaporador de chaqueta.

Cerrar las válvulas (V-123, V-124) que permiten el paso de producto concentrado hacia otros evaporadores.

Abrir las válvulas (V-117, V-119, V-122 y V-127) para permitir el paso del producto concentrado hasta el tanque de producto (TK-106).

Abrir la válvula (V-128) que permite la recirculación del producto concentrado al evaporador de circulación forzada.

Abrir la válvula de salida (V-37) del visor de condensación.

Cerrar las válvulas (V-03, V-04, V-05) que permiten el paso de vapor vivo hacia otros evaporadores diferentes al que se va a operar.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

4.2.2.i. Evaporación de circulación forzada operación a presión atmosférica.

Abrir las válvulas (V-140, V-145, V-38, V-35) de alivio atmosférico de los tanques de vapor vivo condensado (TK-105), de producto (TK-106), de condensados (TK-107) y del visor de condensación.

Abrir las válvulas que permiten la entrada y salida de agua de refrigeración hacia el condensador (V-31 y V-32).

Abrir la válvula (V-06) para permitir el paso de vapor vivo hacia el evaporador de circulación forzada y regular su presión usando la válvula (V-12).

Desde la pantalla HMI encender la bomba (P-104) y ajustar un flujo de salida.

Rectificar el flujo en la bomba (P-104) haciendo uso del rotámetro (R-104).

Desde la pantalla HMI encender la bomba de alimento (P-101) y ajustar su flujo con el rotámetro (R-101).

Para fijar el flujo de recirculación cerrar la válvula (V-137), ubicar un recipiente a la salida de la válvula (V-136), abrir la válvula (V-136) y posicionar la válvula de globo (V-135) según el requerimiento de la práctica.

Cerrar la válvula (V-136) y abrir la válvula (V-137) para continuar con la operación.

Desde la interfaz HMI activar el comando para iniciar la lectura y almacenamiento de datos en el tiempo.

Tomar datos de presión, en los mismos intervalos de tiempo que son tomados los datos de temperatura y masa, de los siguientes sensores: PI-09, PI-11.

Verificar el inicio de la operación a partir de la caída de condensado en el visor.

4.2.2.j. Evaporación de circulación forzada operación al vacío.

Abrir las válvulas (V-140, V-145) de alivio atmosférico de los tanques de vapor vivo condensado (TK-105) y de producto (TK-106).

Cerrar las válvulas (V-38, V-35) de alivio atmosférico del tanque de vapor condensado (TK-107) y del visor de condensación.

Abrir las válvulas que permiten la entrada y salida de agua de refrigeración hacia el condensador (V-31 y V-32).

Llenar la trampa de vacío con hielo para evitar el arrastre de gases condensables en la bomba de vacío (P-105).

Abrir la válvula (V-43) para conectar el sistema a la bomba de vacío.

Desde la pantalla HMI encender la bomba de vacío (P-105).

Regular el vacío usando la válvula de aguja (V-40).

Desde la interfaz HMI activar el comando para iniciar la lectura y almacenamiento de datos en el tiempo.

Tomar datos de presión, en los mismos intervalos de tiempo que son tomados los datos de temperatura y masa, de los siguientes sensores: PI-09, PI-11, PI-12.

Abrir la válvula (V-06) para permitir el paso de vapor vivo hacia el evaporador de calandria vertical y regular su presión usando la válvula (V-12).

Desde la pantalla HMI encender la bomba (P-104) y ajustar un flujo de salida.

Rectificar el flujo en la bomba (P-104) haciendo uso del rotámetro (R-104).

Desde la pantalla HMI encender la bomba de alimento (P-101) y ajustar su flujo con el rotámetro (R-101).

Para fijar el flujo de recirculación cerrar la válvula (V-137), ubicar un recipiente a la salida de la válvula (V-136), abrir la válvula (V-136) y posicionar la válvula de globo (V-135) según el requerimiento de la práctica.

Cerrar la válvula (V-136) y abrir la válvula (V-137) para continuar con la operación.

Verificar el inicio de la operación a partir de la caída de condensado en el visor.

Precaución: Si no se presenta generación de condensado las posibles fallas pueden estar relacionadas con el suministro vapor o fallas en el suministro del fluido de refrigeración. El seguimiento de la operación se puede realizar a través de la revisión del cambio en las masas de los tanques de alimento (TK-101), vapor vivo condensado (TK-105), producto (TK-106) y condensados (TK-107).

Precaución: Es importante revisar constantemente el nivel del líquido en cada uno de los tanques. En caso de que el líquido llegue a la posición superior del nivel tipo caldera: registre el peso del tanque, ubique un balde bajo el mismo y abra la válvula de purga. Al terminar el proceso anterior cierre la válvula y continúe con la operación.

4.2.2.k. Evaporación de doble efecto en paralelo (Efecto 1- calandria horizontal, efecto 2- chaqueta).

Desde la interfaz HMI seleccionar la operación de evaporación de doble efecto en paralelo siguiendo la ruta: Check list/2efectos/Paralelo.

Cerrar las válvulas (V-85, V-86) de salida y purga del evaporador de calandria horizontal.

Cerrar las válvulas (V-110, V-111) de salida y purga del evaporador de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-84, V-109) de entrada a los evaporadores de calandria horizontal y de chaqueta.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Registrar el peso del tanque de alimentación (TK-101).

Abrir la válvula (V-50) a la salida de bomba (P-101).

Abrir la válvula (V-53) de bypass del rotámetro de la bomba de alimento.

Abrir la válvula (V-58) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de chaqueta.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-06) del evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-58) en el manifold del tanque de alimento.

Abrir la válvula (V-59) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de calandria horizontal.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-04) del evaporador de calandria horizontal.

Abrir las válvulas (V-21, V-11) para permitir el paso de vapor desde el evaporador de calandria horizontal al evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-23) que permite el paso de vapor del evaporador de calandria horizontal al condensador.

Abrir la válvula (V-30) para permitir el paso de vapor desde el evaporador de chaqueta hasta el condensador.

Cerrar las válvulas (V-103, V-130, V-146, V-147 y V-39) de purga de los tanques de vapor vivo condensado (TK-103, TK-104), de producto (TK-106) y de condensados (TK-107).

Abrir las válvulas (V-52, V-54) a la entrada y salida del rotámetro de la bomba de alimento (P-101).

Cerrar la válvula (V-53) de bypass de la bomba de alimento.

Cerrar las válvulas (V-93, V-95, V-96) de bypass, calibración y toma de muestras de la bomba (P-103) a la salida del evaporador de calandria horizontal.

Abrir las válvulas (V-86, V-111) de salida de los evaporadores de calandria horizontal y de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-92, V-94, V-97, V-101) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de calandria horizontal al evaporador de chaqueta.

Cerrar las válvulas (V-113, V-116, V-118, V-120, V-121) de bypass, calibración y toma de muestras de la bomba (P-104) a la salida del evaporador de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-117, V-119, V-122, V-127) para permitir el paso del producto concentrado al tanque de producto (TK-106).

Abrir la válvula de salida (V-37) del visor de condensación.

Cerrar las válvulas (V-03, V-05 y V-06) que permiten el paso de vapor vivo hacia otros evaporadores diferentes al que se va a operar.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Abrir las válvulas (V-104, V-131, V-145) de alivio atmosférico de los tanques de vapor vivo condensado (TK-103, TK-104) y de producto (TK-106).

Cerrar las válvulas (V-38, V-35) de alivio atmosférico del tanque de vapor condensado (TK-107) y del visor de condensación.

Abrir las válvulas que permiten la entrada y salida de agua de refrigeración hacia el condensador (V-31 y V-32).

Llenar la trampa de vacío con hielo para evitar el arrastre de gases condensables en la bomba de vacío (P-105).

Abrir la válvula (V-43) para conectar el sistema a la bomba de vacío.

Desde la pantalla HMI encender la bomba de vacío (P-105).

Regular el vacío usando la válvula de aguja (V-40)

Desde la interfaz HMI activar el comando para iniciar la lectura y almacenamiento de datos en el tiempo.

Tomar datos de presión, en los mismos intervalos de tiempo que son tomados los datos de temperatura y masa, de los siguientes sensores: PI-05, PI-06, PI-08, PI-09, PI-12.

Abrir la válvula (V-04) para permitir el paso de vapor vivo hacia el evaporador de calandria horizontal y regular su presión usando la válvula (V-09).

Desde la pantalla HMI encender las bombas (P-103, P-104) y ajustar su flujo de salida.

Rectificar el flujo en las bombas (P103, P-104) haciendo uso de los rotámetros (R-103, R-104).

Desde la pantalla HMI encender la bomba de alimento (P-101) y ajustar su flujo con el rotámetro (R-101).

Verificar el inicio de la operación a partir de la caída de condensado en el visor.

Precaucion: Si no se presenta generación de condensado las posibles fallas pueden estar relacionadas con el suministro vapor o fallas en el suministro en el fluido de refrigeración. El seguimiento de la operación se puede realizar a través de la revisión del cambio en las masas de los tanques de alimento (TK-101), vapor vivo condensado (TK-103, TK-104), producto (TK-106) y condensados (TK-107).

4.2.2.1. Evaporación de doble efecto en contracorriente (Efecto 1- chaqueta, efecto 2- calandria horizontal).

Desde la interfaz HMI seleccionar la operación de evaporación de doble efecto en contracorriente siguiendo la ruta: Check list/2efectos/Contracorriente.

Cerrar las válvulas (V-85, V-86) de salida y purga del evaporador de calandria horizontal.

Cerrar las válvulas (V-110, V-111) de salida y purga del evaporador de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-84, V-109) de entrada a los evaporadores de calandria horizontal y de chaqueta.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Registrar el peso del tanque de alimentación (TK-101).

Abrir la válvula (V-50) a la salida de bomba (P-101).

Abrir la válvula (V-53) de bypass del rotámetro de la bomba de alimento.

Abrir la válvula (V-59) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de calandria horizontal.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-04) del evaporador de calandria horizontal.

Cerrar la válvula (V-58) en el manifold del tanque de alimento.

Abrir la válvula (V-59) en el manifold del tanque alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de chaqueta.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-06) del evaporador de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-21, V-11) para permitir el paso de vapor desde el evaporador de calandria horizontal al evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-23) que permite el paso de vapor del evaporador de calandria horizontal al condensador.

Abrir la válvula (V-30) para permitir el paso de vapor desde el evaporador de chaqueta hasta el condensador.

Cerrar las válvulas (V-103, V-130, V-146, V-147 y V-39) de purga de los tanques de vapor vivo condensado (TK-103, TK-104), de producto (TK-106) y de condensados (TK-107).

Abrir las válvulas (V-52, V-54) a la entrada y salida del rotámetro de la bomba de alimento (P-101).

Cerrar la válvula (V-53) de bypass de la bomba de alimento.

Abrir las válvulas (V-86, V-111) de salida de los evaporadores de chaqueta y de calandria horizontal.

Cerrar las válvulas (V-113, V-116, V-118, V-120, V-121) de bypass, desagüe, calibración y toma de muestras de la bomba (P-104) a la salida del evaporador de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-117, V-119, V-122, V-123) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de chaqueta al evaporador de calandria horizontal.

Cerrar las válvulas (V-88, V-91, V-93, V-95, V-96) de bypass, desagüe, calibración y toma de muestras de la bomba (P-103) a la salida del evaporador de calandria horizontal.

Abrir las válvulas (V-92, V-94, V-97, V-100) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de calandria horizontal al tanque de producto (TK-106).

Abrir la válvula de salida (V-37) del visor de condensación.

Cerrar las válvulas (V-03, V-05 y V-06) que permiten el paso de vapor vivo hacia otros evaporadores diferentes al que se va a operar.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Abrir las válvulas (V-104, V-131, V-145) de alivio atmosférico de los tanques de vapor vivo condensado (TK-103, TK-104) y de producto (TK-106).

Cerrar las válvulas (V-35, V-38) de alivio atmosférico del tanque de vapor condensado (TK-107) y del visor de condensación.

Abrir las válvulas que permiten la entrada y salida de agua de refrigeración hacia el condensador (V-31 y V-32).

Llenar la trampa de vacío con hielo para evitar el arrastre de gases condensables en la bomba de vacío (P-105).

Abrir la válvula (V-43) para conectar el sistema a la bomba de vacío.

Desde la pantalla HMI encender la bomba de vacío.

Regular el vacío usando la válvula de aguja (V-40).

Desde la interfaz HMI activar el comando para iniciar la lectura y almacenamiento de datos en el tiempo.

Tomar datos de presión, en los mismos intervalos de tiempo que son tomados los datos de temperatura y masa, de los siguientes sensores: PI-05, PI-06, PI-08, PI-09, PI-12.

Abrir la válvula (V-04) para permitir el paso de vapor vivo hacia el evaporador de calandria horizontal y regular su presión usando la válvula (V-09).

Desde la pantalla HMI encender las bombas (P-103, P-104) y ajustar su flujo de salida.

Rectificar el flujo en las bombas (P103, P-104) haciendo uso de los rotámetros (R-103, R-104).

Desde la pantalla HMI encender la bomba de alimento (P-101) y ajustar su flujo con el rotámetro (R-101).

Verificar el inicio de la operación a partir de la caída de condensado en el visor.

Precaucion: Si no se presenta generación de condensado las posibles fallas pueden estar relacionadas con el suministro vapor o fallas en el suministro en el fluido de refrigeración. El seguimiento de la operación se puede realizar a través de la revisión del cambio en las masas de los tanques de alimento (TK-101), vapor vivo condensado (TK-103, TK-104), producto (TK-106) y condensados (TK-107).

4.2.2.m. Evaporación de triple efecto en paralelo (Efecto 1- calandria vertical, efecto 2-calandria horizontal, efecto 3-chaqueta).

Desde la interfaz HMI seleccionar la operación de evaporación de triple efecto en paralelo siguiendo la ruta: Check list/3efectos/Paralelo.

Cerrar las válvulas (V-63, V-64) de salida y purga del evaporador de calandria vertical.

Cerrar las válvulas (V-85, V-86) de salida y purga del evaporador de calandria horizontal.

Cerrar las válvulas (V-110, V-111) de salida y purga del evaporador de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-62, V-84, V-109) de entrada a los evaporadores de calandria vertical, calandria horizontal y de chaqueta.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Registrar el peso del tanque de alimentación (TK-101).

Abrir la válvula (V-50) a la salida de bomba (P-101).

Abrir la válvula (V-53) de bypass del rotámetro de la bomba de alimento.

Abrir la válvula (V-58) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de chaqueta.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-06) del evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-58) en el manifold del tanque de alimento.

Abrir la válvula (V-59) en el manifold del tanque alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de calandria horizontal.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-04) del evaporador de calandria horizontal.

Cerrar la válvula (V-59) en el manifold del tanque de alimento.

Abrir la válvula (V-60) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de calandria vertical.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-02) del evaporador de calandria vertical.

Abrir las válvulas (V-16, V-09) para permitir el paso de vapor desde el evaporador de calandria vertical al evaporador de calandria horizontal.

Cerrar la válvula (V-18) que permite el paso de vapor del evaporador de calandria vertical al condensador.

Abrir las válvulas (V-21, V-11) para permitir el paso de vapor desde el evaporador de calandria horizontal al evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-23) que permite el paso de vapor del evaporador de calandria horizontal al condensador.

Abrir la válvula (V-30) para permitir el paso de vapor al condensador.

Cerrar las válvulas (V-81, V-103, V-130, V-146, V-147 y V-39) de purga de los tanques de vapor vivo condensado (TK-102, TK-103, TK-104), de producto (TK-106) y de condensados (TK-107).

Abrir las válvulas (V-52, V-54) a la entrada y salida del rotámetro de la bomba de alimento.

Cerrar la válvula (V-53) de bypass de la bomba de alimento.

Abrir las válvulas (V-64, V-86, V-111) de salida de los evaporadores de calandria vertical, calandria horizontal y chaqueta.

Cerrar las válvulas (V-66, V-69, V-71, V-73, V-74) de bypass, calibración, desagüe y toma de muestras de la bomba (P-102) a la salida del evaporador de calandria vertical.

Abrir las válvulas (V-70, V-72, V-75, V-77) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de calandria vertical al evaporador de calandria horizontal.

Cerrar las válvulas (V-88, V-91, V-93, V-95, V-96) de bypass, calibración, desagüe y toma de muestras de la bomba (P-103) a la salida del evaporador de calandria horizontal.

Abrir las válvulas (V-92, V-94, V-97, V-101) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de calandria horizontal al evaporador de chaqueta.

Cerrar las válvulas (V-113, V-116, V-118, V-120, V-121) de bypass, calibración, desagüe y toma de muestras de la bomba (P-104) a la salida del evaporador de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-117, V-119, V-122, V-127) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de chaqueta al tanque de producto (TK-106).

Abrir la válvula de salida (V-37) del visor de condensación.

Cerrar las válvulas (V-04, V-05 y V-06) que permiten el paso de vapor vivo hacia otros evaporadores diferentes al que se va a operar.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Abrir las válvulas (V-82, V-104, V-131, V-145) de alivio atmosférico de los tanques de vapor vivo condensado (TK-102, TK-103, TK-104) y de producto (TK-106).

Cerrar las válvulas (V-38, V-35) de alivio atmosférico del tanque de vapor condensado (TK-107) y del visor de condensación.

Abrir las válvulas que permiten la entrada y salida de agua de refrigeración hacia el condensador (V-31 y V-32).

Llenar la trampa de vacío con hielo para evitar el arrastre de gases condensables en la bomba de vacío (P-105).

Abrir la válvula (V-43) para conectar el sistema a la bomba de vacío.

Desde la pantalla HMI encender la bomba de vacío.

Regular el vacío usando la válvula de aguja (V-40)

Desde la interfaz HMI activar el comando para iniciar la lectura y almacenamiento de datos en el tiempo para la temperatura y el peso.

Tomar los datos de presión en los mismos intervalos de tiempo que son tomados los datos de temperatura y peso, para los siguientes sensores: PI-02, PI-03, PI-05, PI-06, PI-08, PI-09, PI-12.

Abrir la válvula (V-03) para permitir el paso de vapor vivo hacia el evaporador de calandria vertical y regular su presión usando la válvula (V-07).

Desde la pantalla HMI encender las bombas (P-102, P-103, P-104) y ajustar su flujo de salida.

Rectificar el flujo en las bombas (P-102, P-103, P-104) haciendo uso de los rotámetros (R-102, R-103, R-104).

Desde la pantalla HMI encender la bomba de alimento (P-101) y ajustar su flujo con el rotámetro (R-101).

Verificar el inicio de la operación a partir de la caída de condensado en el visor.

4.2.2.n. Evaporación de triple efecto en contracorriente (Efecto 1- calandria vertical, efecto 2- calandria horizontal, efecto 3- chaqueta).

Desde la interfaz HMI seleccionar la operación de evaporación de triple efecto en contracorriente siguiendo la ruta: Check list/3efectos/Contracorriente.

Cerrar las válvulas (V-63, V-64) de salida y purga del evaporador de calandria vertical.

Cerrar las válvulas (V-85, V-86) de salida y purga del evaporador de calandria horizontal.

Cerrar las válvulas (V-110, V-111) de salida y purga del evaporador de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-62, V-84, V-109) de entrada a los evaporadores de calandria vertical, calandria horizontal y de chaqueta.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Registrar el peso del tanque de alimentación (TK-101).

Abrir la válvula (V-50) a la salida de bomba (P-101).

Abrir la válvula (V-53) de bypass del rotámetro de la bomba de alimento.

Abrir la válvula (V-60) en el manifold del tanque alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de calandria vertical.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-02) del evaporador de calandria vertical.

Cerrar la válvula (V-60) en el manifold del tanque de alimento.

Abrir la válvula (V-59) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de calandria horizontal.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-04) del evaporador de calandria horizontal.

Cerrar la válvula (V-59) en el manifold del tanque de alimento.

Abrir la válvula (V-58) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de chaqueta.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-06) del evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-58) en el manifold del tanque de alimento.

Abrir las válvulas (V-16, V-09) para permitir el paso de vapor desde el evaporador de calandria vertical al evaporador de calandria horizontal.

Cerrar la válvula (V-18) que permite el paso de vapor del evaporador de calandria vertical al condensador.

Abrir las válvulas (V-21, V-11) para permitir el paso de vapor desde el evaporador de calandria horizontal al evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-23) que permite el paso de vapor del evaporador de calandria horizontal al condensador.

Abrir la válvula (V-30) para permitir el paso de vapor al condensador.

Cerrar las válvulas (V-81, V-103, V-130, V-146, V-147 y V-39) de purga de los tanques de vapor vivo condensado (TK-102, TK-103, TK-104), de producto (TK-106) y de condensados (TK-107).

Abrir las válvulas (V-52, V-54) a la entrada y salida del rotámetro de la bomba de alimento.

Cerrar la válvula (V-53) de bypass de la bomba de alimento.

Abrir las válvulas (V-64, V-86, V-111) de salida de los evaporadores de calandria vertical, calandria horizontal y chaqueta.

Cerrar las válvulas (V-113, V-116, V-118, V-120, V-121) de bypass, calibración, desagüe y toma de muestras de la bomba (P-104) a la salida del evaporador de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-117, V-119, V-122, V-123) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de chaqueta al evaporador de calandria horizontal.

Cerrar las válvulas (V-88, V-91, V-93, V-95, V-96) de bypass, calibración, desagüe y toma de muestras de la bomba (P-103) a la salida del evaporador de calandria horizontal.

Abrir las válvulas (V-92, V-94, V-97, V-98) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de calandria horizontal al evaporador de calandria vertical.

Cerrar las válvulas (V-66, V-69, V-71, V-73, V-74) de bypass, calibración, desagüe y toma de muestras de la bomba (P-102) a la salida del evaporador de calandria vertical.

Abrir las válvulas (V-70, V-72, V-75, V-76) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de calandria vertical al tanque de producto (TK-106).

Abrir la válvula de salida (V-37) del visor de condensación.

Cerrar las válvulas (V-04, V-05 y V-06) que permiten el paso de vapor vivo hacia otros evaporadores diferentes al que se va a operar.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Abrir las válvulas (V-82, V-104, V-131, V-145) de alivio atmosférico de los tanques de vapor vivo condensado (TK-102, TK-103, TK-104) y de producto (TK-106).

Cerrar las válvulas (V-38, V-35) de alivio atmosférico del tanque de vapor condensado (TK-107) y del visor de condensación.

Abrir las válvulas que permiten la entrada y salida de agua de refrigeración hacia el condensador (V-31 y V-32).

Llenar la trampa de vacío con hielo para evitar el arrastre de gases condensables en la bomba de vacío (P-105).

Abrir la válvula (V-43) para conectar el sistema a la bomba de vacío.

Desde la pantalla HMI encender la bomba de vacío.

Regular el vacío usando la válvula de aguja (V-40).

Desde la interfaz HMI activar el comando para iniciar la lectura y almacenamiento de datos en el tiempo para la temperatura y el peso.

Tomar datos de presión en los mismos intervalos de tiempo que se toman los datos para temperatura y peso, de los siguientes sensores: PI-02, PI-03, PI-05, PI-06, PI-08, PI-09, PI-12.

Abrir la válvula (V-03) para permitir el paso de vapor vivo hacia el evaporador de calandria vertical y regular su presión usando la válvula (V-07).

Desde la pantalla HMI encender las bombas (P-102, P-103, P-104) y ajustar su flujo de salida.

Rectificar el flujo en las bombas (P-102, P-103, P-104) haciendo uso de los rotámetros (R-102, R-103, R-104).

Desde la pantalla HMI encender la bomba de alimento (P-101) y ajustar su flujo con el rotámetro (R-101).

Verificar el inicio de la operación a partir de la caída de condensado en el visor.

4.2.2.o. Evaporación triple efecto con alimentación mixta.

Desde la interfaz HMI seleccionar la operación de evaporación mixta siguiendo la ruta: Check list/Mixto.

Cerrar las válvulas (V-63, V-64) de salida y purga del evaporador de calandria vertical.

Cerrar las válvulas (V-85, V-86) de salida y purga del evaporador de calandria horizontal.

Cerrar las válvulas (V-110, V-111) de salida y purga del evaporador de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-62, V-84, V-109) de entrada a los evaporadores de calandria vertical, calandria horizontal y de chaqueta.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Registrar el peso del tanque de alimentación (TK-101).

Abrir la válvula (V-50) a la salida de bomba (P-101).

Abrir la válvula (V-53) de bypass del rotámetro de la bomba de alimento.

Abrir la válvula (V-60) en el manifold del tanque alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de calandria vertical.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-02) del evaporador de calandria vertical.

Cerrar la válvula (V-60) en el manifold del tanque de alimento.

Abrir la válvula (V-59) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de calandria horizontal.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-04) del evaporador de calandria horizontal.

Cerrar la válvula (V-59) en el manifold del tanque de alimento.

Abrir la válvula (V-58) en el manifold del tanque de alimento que permite el paso del alimento hacia el evaporador de chaqueta.

Desde la interfaz HMI encender la bomba de alimentación (P-101) hasta que el líquido alcance la parte superior del nivel tipo caldera (LG-06) del evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-58) en el manifold del tanque de alimento.

Abrir las válvulas (V-16, V-09) para permitir el paso de vapor desde el evaporador de calandria vertical al evaporador de calandria horizontal.

Cerrar la válvula (V-18) que permite el paso de vapor del evaporador de calandria vertical al condensador.

Abrir las válvulas (V-21, V-11) para permitir el paso de vapor desde el evaporador de calandria horizontal al evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-23) que permite el paso de vapor del evaporador de calandria chaqueta al condensador.

Abrir la válvula (V-30) para permitir el paso de vapor al condensador.

Cerrar las válvulas (V-81, V-103, V-131, V-146, V-147 y V-39) de purga de los tanques de vapor vivo condensado (TK-102, TK-103, TK-104), de producto (TK-106) y de condensados (TK-107).

Abrir las válvulas (V-52, V-54) a la entrada y salida del rotámetro de la bomba de alimento.

Cerrar la válvula (V-53) de bypass de la bomba de alimento.

Abrir las válvulas (V-64, V-86, V-111) de salida de los evaporadores de calandria vertical, calandria horizontal y chaqueta.

Cerrar las válvulas (V-113, V-116, V-118, V-120, V-121) de bypass, calibración, desagüe y toma de muestras de la bomba (P-104) a la salida del evaporador de chaqueta.

Abrir las válvulas (V-117, V-119, V-122, V-124) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de chaqueta al evaporador de calandria vertical.

Cerrar las válvulas (V-66, V-69, V-71, V-73, V-74) de bypass, calibración, desagüe y toma de muestras de la bomba (P-102) a la salida del evaporador de calandria vertical.

Abrir las válvulas (V-70, V-72, V-75, V-76) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de calandria vertical al tanque de producto (TK-106).

Cerrar las válvulas (V-88, V-91, V-95, V-96) de bypass, calibración, desagüe y toma de muestras de la bomba (P-103) a la salida del evaporador de calandria horizontal.

Abrir las válvulas (V-92, V-94, V-97, V-101) para permitir el paso del producto concentrado del evaporador de calandria horizontal al evaporador de chaqueta.

Abrir la válvula de salida (V-37) del visor de condensación.

Cerrar las válvulas (V-04, V-05 y V-06) que permiten el paso de vapor vivo hacia otros evaporadores diferentes al que se va a operar.

Asegurarse que haya suministro de agua al tanque de alimento (TK-101) o que la solución de trabajo se encuentre por encima del nivel mínimo del tanque.

Abrir las válvulas (V-82, V-104, V-131, V-145) de alivio atmosférico de los tanques de vapor vivo condensado (TK-102, TK-103, TK-104) y de producto (TK-106).

Cerrar las válvulas (V-38, V-35) de alivio atmosférico del tanque de vapor condensado (TK-107) y del visor de condensación.

Abrir las válvulas que permiten la entrada y salida de agua de refrigeración hacia el condensador (V-31 y V-32).

Llenar la trampa de vacío con hielo para evitar el arrastre de gases condensables en la bomba de vacío (P-105).

Abrir la válvula (V-43) para conectar el sistema a la bomba de vacío.

Desde la pantalla HMI encender la bomba de vacío.

Regular el vacío usando la válvula de aguja (V-40).

Desde la interfaz HMI activar el comando para iniciar la lectura y almacenamiento de datos en el tiempo para la temperatura y el peso.

Tomar datos de presión en los mismos intervalos de tiempo que se toman los datos para temperatura y peso, de los siguientes sensores: PI-02, PI-03, PI-05, PI-06, PI-08, PI-09, PI-12.

Abrir la válvula (V-03) para permitir el paso de vapor vivo hacia el evaporador de calandria vertical y regular su presión usando la válvula (V-07).

Desde la pantalla HMI encender las bombas (P-102, P-103, P-104) y ajustar su flujo de salida.

Rectificar el flujo en las bombas (P-102, P-103, P-104) haciendo uso de los rotámetros (R-102, R-103, R-104).

Desde la pantalla HMI encender la bomba de alimento (P-101) y ajustar su flujo con el rotámetro (R-101).

Verificar el inicio de la operación a partir de la caída de condensado en el visor.

4.2.2.p. Parada de la evaporación de simple efecto (Calandria vertical operación a presión atmosférica).

Cerrar las válvulas de suministro de vapor vivo al evaporador de calandria vertical (V-03, V-07).

Precaucion: Antes de apagar las bombas se recomienda disminuir paulatinamente los strokes hasta llegar a cero.

Desde la pantalla HMI apagar la bomba de alimento (P-101),

Desde la pantalla HMI apagar la bomba (P-102) a la salida del evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-44) de entrada al tanque de alimento.

Cerrar la válvula (V-64) a la salida del evaporador de calandria vertical.

Cuando no se observe caída de condensado en el visor cerrar la válvula (V-31) de entrada de agua de refrigeración.

Registrar el peso final de los tanques de alimentación (TK-101), de vapor vivo condensado (TK-102), de condensados (TK-107) y de producto (TK-106).

Permitir que el sistema se enfríe y desocupar los tanques.

Desocupar el evaporador de calandria vertical a partir de la apertura de la válvula de purga (V-63).

4.2.2.q. Parada de la evaporación de simple efecto (Calandria vertical operación a vacío).

Abrir las válvulas (V-38, V-35) de alivio atmosférico del tanque de condensados (TK-107) y del visor de condensación.

Desde la pantalla HMI apagar la bomba de vacío (P-105).

Cerrar las válvulas de suministro de vapor vivo al evaporador de calandria vertical (V-03, V-07).

Desde la pantalla HMI apagar la bomba de alimento (P-101).

Desde la pantalla HMI apagar la bomba (P-102) a la salida del evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-44) de entrada al tanque de alimento.

Cerrar la válvula (V-64) a la salida del evaporador de calandria vertical.

Cuando no se observe caída de condensado en el visor cerrar la válvula (V-31) de entrada de agua de refrigeración.

Registrar el peso final de los tanques de alimentación (TK-101), de vapor vivo condensado (TK-102), de condensados (TK-107) y de producto (TK-106).

Permitir que el sistema se enfríe y desocupar los tanques

Desocupar el evaporador de calandria vertical a partir de la apertura de la válvula de purga (V-63).

4.2.2.r. Parada de la evaporación circulación forzada a presión atmosférica.

Cerrar las válvulas de suministro de vapor vivo al evaporador de circulación forzada (V-06, V-12).

Desde la pantalla HMI apagar la bomba de alimento (P-101).

Desde la pantalla HMI apagar la bomba (P-104) a la salida del evaporador de chaqueta.

Cerrar la válvula (V-44) de entrada al tanque de alimento.

Cerrar la válvula (V-111) a la salida del evaporador de chaqueta.

Cuando no se observe caída de condensado en el visor cerrar la válvula (V-31) de entrada de agua de refrigeración.

Registrar el peso final de los tanques de alimentación (TK-101), de vapor vivo condensado (TK-105), de condensados (TK-107) y de producto (TK-106).

Permitir que el sistema se enfríe y desocupar los tanques.

Desocupar los evaporadores de chaqueta y circulación forzada a partir de la apertura de las válvulas de purga (V-110, V-134).

4.2.2.s. Parada de la evaporación de doble efecto en paralelo y contracorriente.

Abrir las válvulas (V-38, V-35) de alivio atmosférico del tanque de condensados (TK-107) y del visor de condensación.

Desde la pantalla HMI apagar la bomba de vacío (P-105).

Cerrar las válvulas de suministro de vapor vivo al evaporador de calandria horizontal (V-04, V-09).

Desde la pantalla HMI apagar la bomba de alimento (P-101).

Desde la pantalla HMI apagar las bombas (P-103, P-104) a la salida de los evaporadores de calandria horizontal y chaqueta.

Cerrar la válvula (V-44) de entrada al tanque de alimento.

Cerrar las válvulas (V-86, V-111) de salida de los evaporadores de calandria horizontal y chaqueta.

Cuando no se observe caída de condensado en el visor cerrar la válvula (V-31) de entrada de agua de refrigeración.

Registrar el peso final de los tanques de alimentación (TK-101), de vapor vivo condensado (TK-103, TK-104), de condensados (TK-107) y de producto (TK-106).

Dejar que el sistema se enfríe y desocupar los tanques y las líneas de proceso a través de las válvulas de desagüe.

Desocupar los evaporadores de calandria horizontal y de chaqueta a partir de la apertura de la válvula de purga (V-85, V-110).

4.2.2.t. Mantenimiento bomba centrífuga.

Es importante realizar mantenimiento periódico para asegurar la correcta operación de la bomba. Revise las condiciones físicas de la bomba cada 6-12 meses dependiendo del uso que se le dé al equipo.

Mantener la bomba libre de polvo y residuos, ya que generan aislamiento y pueden conducir a temperaturas elevadas en la bomba.

Verifique periódicamente si hay presencia de ruidos inusuales, temperaturas altas o vibración excesiva.

Inspeccione la bomba y la tubería en busca de fugas.

Lubrique los rodamientos y partes móviles con aceite apropiado.

Verifique que los o-rings y demás empaques no presenten grietas, mellas o rasgaduras. Reemplácelos si están defectuosos.

4.2.2.u. Mantenimiento bomba de vacío.

Precaucion: Las temperaturas ambientes y de succión deben estar entre 5 y 40°C. La bomba es adecuada para trabajar con aire que posea una humedad relativa entre 30 y 90%.

Precaucion: No se deben emplear mezclas peligrosas (i.e. gases o vapores inflamables o explosivos), aire extremadamente húmedo, vapor de agua, gases agresivos o trazas de aceite o grasa.

Precaucion: Cuando la bomba ha alcanzado la temperatura de operación, la superficie (Q) puede estar caliente. ¡CUIDADO! No la toque.

Revise periódicamente las condiciones físicas de la bomba. Busque la presencia de cualquier ruido anormal, vibración excesiva, bajo flujo, salida de presión alejada de las especificaciones o altas temperaturas. Si la presión de salida es más alta que la especificada, limpie las conexiones. Si el problema persiste, reemplace el diafragma.

Después de la operación del equipo y antes de apagar la bomba, abra las válvulas de alivio (V-35 y V-38) completamente para permitir el flujo de aire y purgar el sistema de vacío. La bomba debe ser desconectada del suministro eléctrico cuando se realicen reparaciones o mantenimiento. Es imperativo que la unidad no pueda reiniciarse durante la operación de mantenimiento. No realice mantenimiento a la bomba si está a su temperatura de funcionamiento normal, ya que existe peligro de piezas calientes.

Lubricación: La bomba tiene rodamientos que están lubricados de por vida. No necesitan ser revisados.

Filtro de aire:

Precaucion: La capacidad de la bomba se verá reducida si no se realiza el mantenimiento correcto a los filtros de aire.

El cartucho de filtros (f) deben limpiarse aproximadamente cada 3000 horas de uso de la bomba o dependiendo de la contaminación del aire en el lugar de operación. La limpieza se realiza haciendo pasar aire comprimido desde el interior del cartucho hacia afuera. La eficiencia de los cartuchos

se reduce con el tiempo, por lo que se recomienda reemplazarlos cada 9000 horas de uso o dependiendo de las condiciones de operación.

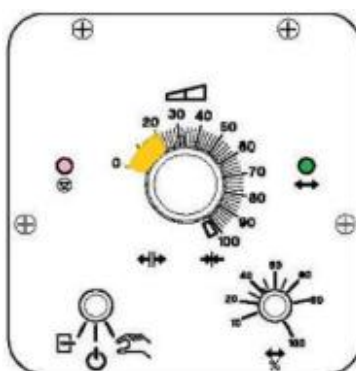
Alabes: Inspección de los alabes: la primera revisión de debe realizar después de 6000 horas de operación, después de esto, cada 1000 horas de operación. Desatornille la tapa de la carcasa (d). Remueva los alabes (e) para revisarlos. Todos los alabes deben tener una altura mínima (X) de 10 mm.

Precaucion: Los alabes se deben cambiar completamente cuando sea necesario.

4.2.2.v. Mantenimiento bombas dosificadoras.

Figura 112.

Esquema de botones en las bombas dosificadoras.



Nota. El esquema de botones fue tomado de Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual),".

Revisar periódicamente las condiciones físicas de la bomba. Verificar si hay presencia de ruidos inusuales, vibración, bajo flujo, presión de descarga diferente a la esperada y alta temperatura. Si la bomba opera constantemente al máximo flujo, la temperatura de la carcasa puede alcanzar los 70°C.

Para un rendimiento óptimo, las válvulas de cartucho (succión y descarga de la bomba) se deben cambiar cada 8600 horas de operación. Dependiendo de la aplicación se puede requerir el cambio más frecuente de las mismas.

Verifique que no haya fugas alrededor de los accesorios, para corregirlas se deben apretar los accesorios o reemplazar los componentes dañados.

Mantenga la bomba libre de suciedad y polvo, ya que esto proporciona aislamiento y puede provocar temperaturas excesivas en la bomba.

Si la bomba ha estado fuera de servicio por un mes o más, es necesario limpiarla, para lo cual se debe bombear agua pura por aproximadamente 30 minutos.

4.2.2.w. Mantenimiento eléctrico.

Apretar las conexiones de los contactores en el tablero de control al menos una vez por año o con menos frecuencia si el equipo no es usado continuamente.

Si la temperatura de la superficie del tablero de control es alta, revise si los fusibles esta dañados. Esto puede ocurrir por sobre corriente. En este caso, reemplace los fusibles y corrija la causa de la sobre corriente.

Si en el panel de control aparecen líneas o símbolos extraños en el lugar donde normalmente se visualizaba el indicador de un sensor, existe algún problema con el PLC. Revise si existe algún corto circuito o si los sensores que presentan error están desconectados del PLC.

Si existe un problema relacionado con el sistema eléctrico, diferente a los mencionados anteriormente, contacte al personal de PS&E.

4.3. Diagnóstico estructural de los equipos

El traslado de las unidades al edificio de la planta del CEPIIS, fue una situación donde se involucraron factores de riesgo tanto para las personas presentes, la infraestructura del edificio y la integridad de las unidades, este último es un factor que evaluaremos en esta sección. Se hará una inspección visual de cada una de las unidades, para determinar que componentes pudieron ser afectados en el momento del traslado, o que equipos pudieron haberse extraviado.

Se dividió la sección en dos, banco de reactores y tren de evaporadores, de estas se tuvo en cuenta la sección 1.5, donde se determinaron todos los componentes y accesorios de las unidades, también el estado de las tuberías y cableado.

A continuación se presentan las tablas del diagnóstico estructural por equipo donde se considera: Tipo, referencia, especificación, fotografía, estado (donde A= Aceptable, N/A= No Aceptable) y recomendaciones. Debido al actual estado de la planta, específicamente de la zona CETA, el diagnóstico operativo NO se presentará, ya que las unidades aún no cuentan con servicios para operar ni instalación al edificio. El traslado de los equipos a la planta culminó el 22 de noviembre de 2022, la fecha de este diagnóstico fue el: 02 de diciembre de 2022.

4.3.1. Banco de reactores

Según la sección 1.5.6 el banco de reactores se compone de los siguientes equipos y accesorios:

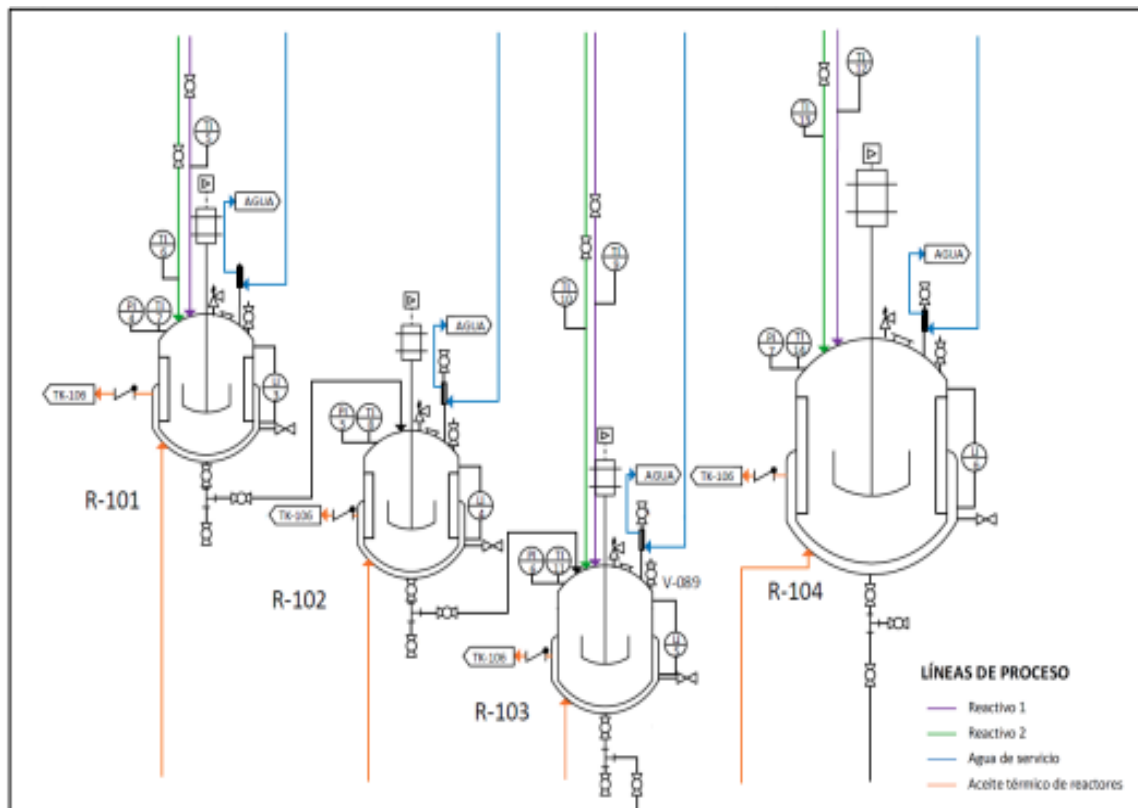
- 4 reactores CSTR.
- 4 reactores PFR.
- 1 reactor PBR.
- 6 tanques de almacenamiento.
- 2 bombas dosificadoras.
- 2 bombas centrifugas.
- 4 intercambiadores de calor.

- 7 divisores de corriente.
- 3 mezcladores estáticos.
- 4 rotámetros.
- 1 tablero de control.
- 1 estructura con ruedas.
- 193 válvulas.
- 55 indicadores de temperatura.
- 22 indicadores de presión.
- 10 indicadores de nivel.

4.3.1.a. Reactores CSTR.

Figura 113.

Representación de los reactores CSTR también llamados de tanque agitado del banco de reactores en diagrama PFD adaptado de PS&E, Banco de reactores del CEPIIS.



Nota. Diagrama de flujo de los reactores CSTR tomado de González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

4.3.1.a.i. Reactor CSTR (R-101).

Figura 114.





Foto del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores.



Nota. La foto del reactor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 115.





Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-101) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor CSTR (R-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-019	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 1 del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-055	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 2 del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-076	<i>Foto Válvula del condensador de reflujo del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-077	<i>Foto Válvula de alivio de gases del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 116.

Tabla de las válvulas en el reactor CSTR (R-101) – Parte 2.





BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor CSTR (R-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-078	<i>Foto Válvula de toma de muestras del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-079	<i>Foto Válvula de salida de producto del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-081	<i>Foto Válvula de control de salida del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-169	<i>Foto Válvula de entrada del aceite térmico del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores</i>		N/A	La válvula no presenta la perilla correspondiente No presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe o rayón. Se advierte a la empresa proveedora PS&E poner la pieza faltante para una correcta operación posterior.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Reactor CSTR (R-101): Teniendo en cuenta la condición en la cual se encuentra la válvula V-169 del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores del CEPIIS, no es viable hacer una puesta en marcha hasta garantizar el buen estado de la válvula. La inexistencia de esta pieza no permitiría regular el paso de aceite térmico hacia la chaqueta del reactor, impidiendo así la regulación térmica del mismo.

Figura 117.


Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-101) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor CSTR (R-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-5	<i>Foto Indicador de temperatura reactivo 1 del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-6	<i>Foto Indicador de temperatura reactivo 2 del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-7	<i>Foto Indicador de temperatura de reacción del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-5	<i>Foto Indicador de presión del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 118.

Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-101) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor CSTR (R-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
L1-3	<i>Foto Indicador de nivel del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Reactor CSTR (R-101): Teniendo en cuenta el estado estructural en el cual se encuentran los sensores del reactor CSTR (R-101) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

4.3.1.a.ii. Reactor CSTR (R-102).

Figura 119.





*Foto del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores
– Parte 1.*



Nota. La foto del reactor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 120.




Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor CSTR (R-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-080	<i>Foto Válvula de entrada de la mezcla del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-082	<i>Foto Válvula del condensador de reflujo del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-083	<i>Foto Válvula de alivio de gases del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-084	<i>Foto Válvula de toma de muestras del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 121.

Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores – Parte 2.



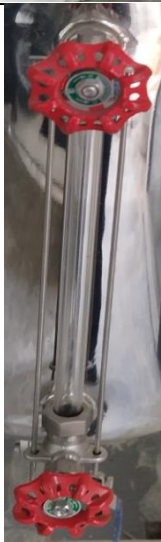
BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor CSTR (R-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-085	<i>Foto Válvula de salida de producto del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-087	<i>Foto Válvula de control de salida del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-170	<i>Foto Válvula de entrada del aceite térmico del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Reactor CSTR (R-102): Teniendo en cuenta el estado estructural en el cual se encuentran las válvulas del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

Figura 122.

Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-102).

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor CSTR (R-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-8	<i>Foto Indicador de temperatura de reacción del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-6	<i>Foto Indicador de presión del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
L1-4	<i>Foto Indicador de nivel del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Reactor CSTR (R-102): Teniendo en cuenta el estado estructural en el cual se encuentran los sensores del reactor CSTR (R-102) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

4.3.1.a.iii. Reactor CSTR (R-103).

Figura 123.





Foto del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.



Nota. La foto del reactor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 124.






Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor CSTR (R-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-021	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 1 del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-057	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 2 del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-086	<i>Foto Válvula de entrada de la mezcla del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-088	<i>Foto Válvula de entrada del condensador de reflujo del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 125.

Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores – Parte 2.





BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor CSTR (R-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-089	<i>Foto Válvula de alivio de gases del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-090	<i>Foto Válvula de toma de muestras del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-091	<i>Foto Válvula de salida de producto del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-092	<i>Foto Válvula de control de salida del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-171	<i>Foto Válvula de entrada del aceite térmico del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Reactor CSTR (R-103): Teniendo en cuenta el estado estructural en el cual se encuentran las válvulas del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

Figura 126.


Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-103) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor CSTR (R-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-9	<i>Foto Indicador de temperatura reactivo 1 del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-10	<i>Foto Indicador de temperatura reactivo 2 del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-11	<i>Foto Indicador de temperatura de reacción del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-7	<i>Foto Indicador de presión del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 127.

Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-103) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor CSTR (R-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
L1-5	<i>Foto Indicador de nivel del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Reactor CSTR (R-103): Teniendo en cuenta el estado estructural en el cual se encuentran los sensores del reactor CSTR (R-103) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

4.3.1.a.iv. Reactor CSTR (R-104).

Figura 128.





Foto del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.



Nota. La foto del reactor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 129.



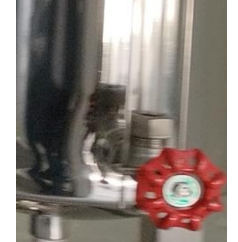

Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor CSTR (R-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-023	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 1 del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-059	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 2 del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-094	<i>Foto Válvula del condensador de reflujo del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-095	<i>Foto Válvula de alivio de gases del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 130.

Tabla de las válvulas del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores – Parte 2.





BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor CSTR (R-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-096	<i>Foto Válvula de toma de muestras del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-097	<i>Foto Válvula de salida de producto del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-098	<i>Foto Válvula de control de salida del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-172	<i>Foto Válvula de entrada del aceite térmico del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Reactor CSTR (R-104): Teniendo en cuenta el estado estructural en el cual se encuentran las válvulas del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

Figura 131.

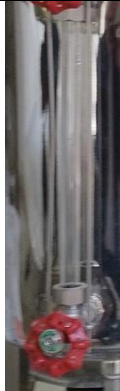
Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-104) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor CSTR (R-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-12	<i>Foto Indicador de temperatura del reactivo 1 del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-13	<i>Foto Indicador de temperatura del reactivo 2 del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-14	<i>Foto Indicador de temperatura de reacción del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-8	<i>Foto Indicador de presión del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 132.

Tabla de los sensores en el reactor CSTR (R-104) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor CSTR (R-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
L1-6	<i>Foto Indicador de nivel del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

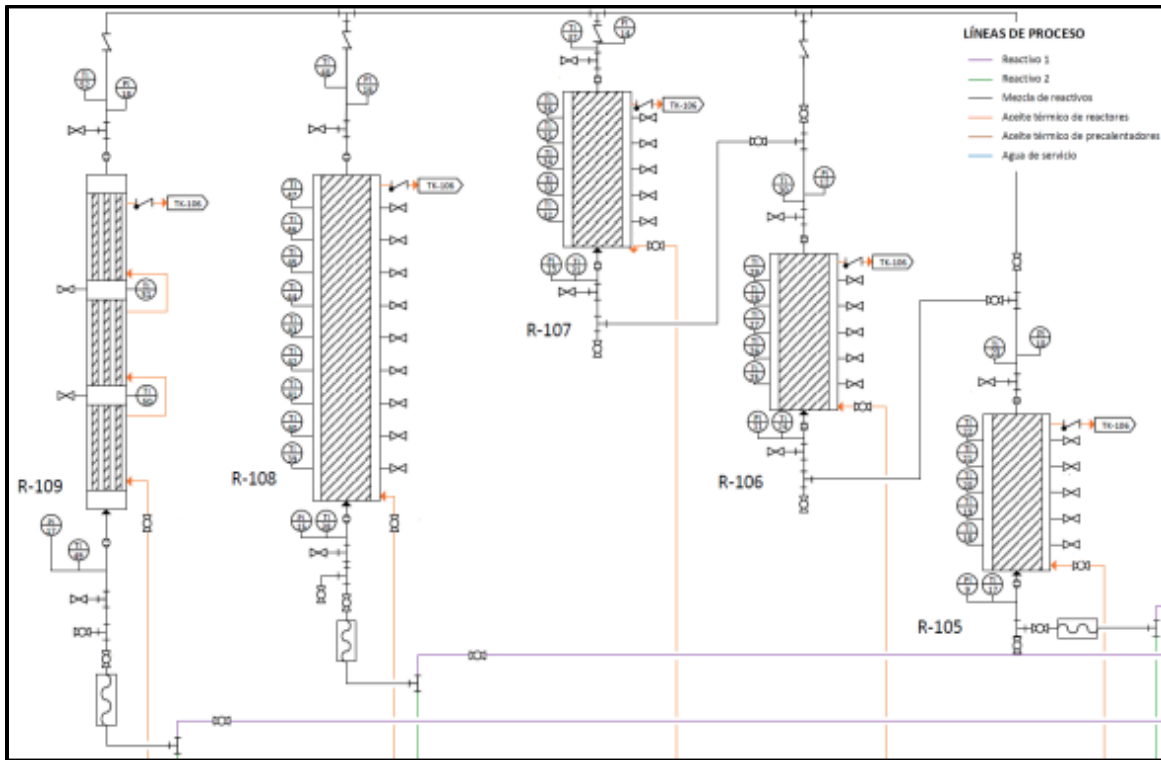
Consideraciones parciales Sensores Reactor CSTR (R-104): Teniendo en cuenta el estado estructural en el cual se encuentran los sensores del reactor CSTR (R-104) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

En los reactores R-101, R-102, R-103 y R-104 las válvulas, indicadores de temperatura, presión y nivel, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. Los motores se ven en buen estado, las conexiones eléctricas NO presentan ningún daño, los soportes de los reactores siguen firmes y no hay ningún tipo de oxidación.

4.3.1.b. Reactores PFR y PBR.

Figura 133.

Representación de los reactores PFR y PBR del banco de reactores en diagrama PFD adaptado de PS&E, Banco de reactores del CEPIIS.



Nota. Diagrama de flujo de los reactores PFR y PBR tomado de González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante." y Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores,".

4.3.1.b.i. Reactor PFR (R-105).

Figura 134.

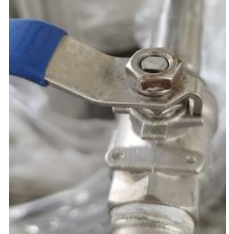




Foto del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.



Nota. La foto del reactor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 135.





Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-105) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-105)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-104	<i>Foto Válvula de entrada de la mezcla del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-105	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 1 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-106	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 2 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-107	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 3 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-108	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 4 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 136.



Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-105) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-105)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-109	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 5 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		N/A	La válvula presenta corrosión por humedad, no presenta: torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Se sugiere que el fabricante cambie las piezas involucradas: tornillo y tuerca válvula.
V-110	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 6 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-111	<i>Foto Válvula de la toma de muestra de producto del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-112	<i>Foto Válvula de la toma de salida de producto a R-106 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 137.

Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-105) – Parte 3.






BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-105)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-113	<i>Foto Válvula de la toma de salida de producto a E-104 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		N/A	La válvula presenta corrosión por humedad, no presenta: torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Se sugiere que el fabricante cambie las piezas involucradas: tornillo y tuerca válvula.
V.175	<i>Foto Válvula de la toma de entrada del aceite térmico del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Reactor PFR (R-105): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas V-109 y V-113, las cuales presentan corrosión por humedad impidiendo el movimiento mecánico de abrir y cerrar del reactor PFR (R-105) del banco de reactores del CEPIIS, no es viable hacer una puesta en marcha del equipo hasta cambiar las piezas, ya que se puede incurrir en riesgo de obstrucción tanto de toma de muestra como en la salida del producto a evaporador E-104, pudiendo dañar el proceso de purificación del producto.

Figura 138.





Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-105) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor PFR (R-105)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-17	<i>Foto Indicador de temperatura de mezcla del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-18	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 1 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-19	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 2 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-20	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 3 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-21	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 4 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 139.

Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-105) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor PFR (R-105)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-22	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 5 del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-23	<i>Foto Indicador de temperatura de producto del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-10	<i>Foto Indicador de presión a la entrada del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
P-11	<i>Foto Indicador de presión a la salida del reactor PFR (R-105) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Reactor PFR (R-105): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del reactor PFR (R-105) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.b.ii. Reactor PFR (R-106).

Figura 140.






Foto del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.



Nota. La foto del reactor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 141.





Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-106) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-106)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-112	<i>Foto Válvula de entrada de la mezcla del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-114	<i>Foto Válvula de control de entrada del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-115	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 1 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-116	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 2 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-117	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 3 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 142.




Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-106) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-106)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-118	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 4 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-119	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 5 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-120	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 6 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-121	<i>Foto Válvula de la toma de muestra del producto del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 143.

Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-106) – Parte 3.






BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-106)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-122	<i>Foto Válvula de salida de producto a R-107 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V.123	<i>Foto Válvula de salida de producto a E-105 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-177	<i>Foto Válvula de entrada del aceite térmico del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Reactor PFR (R-106): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del reactor PFR (R-106) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

Figura 144.





Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-106) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor PFR (R-106)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-24	<i>Foto Indicador de temperatura de mezcla del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-25	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 1 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-26	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 2 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-27	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 3 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-28	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 4 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 145.

Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-106) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor PFR (R-106)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-29	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 5 del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-30	<i>Foto Indicador de temperatura de producto del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-12	<i>Foto Indicador de presión a la entrada del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
P-13	<i>Foto Indicador de presión a la salida del reactor PFR (R-106) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Reactor PFR (R-106): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del reactor PFR (R-106) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.b.iii. Reactor PFR (R-107).

Figura 146.




Foto del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.



Nota. La foto del reactor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 147.




Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-107) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-107)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-122	<i>Foto Válvula de entrada de la mezcla del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		N/A	La válvula presenta corrosión por humedad, no presenta: torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Se sugiere que el fabricante cambie las piezas involucradas: accesorio unión en T metálico.
V-124	<i>Foto Válvula de control de entrada del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-125	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 1 del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 148.





Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-107) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-107)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-126	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 2 del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-127	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 3 del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-128	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 4 del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		N/A	La válvula presenta corrosión por humedad, no presenta: torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Se sugiere que el fabricante cambie las piezas involucradas: tuerca válvula.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 149.

Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-107) – Parte 3.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-107)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-129	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 5 del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-130	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 6 del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-131	<i>Foto Válvula de la toma de muestra del producto del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-179	<i>Foto Válvula de entrada del aceite térmico del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente







Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Reactor PFR (R-107): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas V-122 y V-128, las cuales presentan corrosión por humedad tanto en el accesorio en T como en la tuerca de seguridad del reactor PFR (R-107) del banco de reactores del CEPIIS, no es viable hacer una puesta en marcha del equipo hasta cambiar las piezas, ya que se

puede incurrir en riesgo de deterioro prematuro del equipo, incidencia de la oxidación en el fluido circundante o pérdida total de la pieza.

Figura 150.




Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-107) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor PFR (R-107)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-31	<i>Foto Indicador de temperatura de mezcla del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-32	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 1 del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-33	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 2 del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-34	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 3 del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-35	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 4 del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-36	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 5 del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 151.

Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-107) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor PFR (R-107)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-37	<i>Foto Indicador de temperatura de producto del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-14	<i>Foto Indicador de presión a la entrada del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
P-15	<i>Foto Indicador de presión a la salida del reactor PFR (R-107) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Reactor PFR (R-107): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del reactor PFR (R-107) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.b.iv. Reactor PFR (R-108).

Figura 152.







Foto del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.



Nota. La foto del reactor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 153.






Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-108) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-108)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-132	<i>Foto Válvula de entrada de la mezcla del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		N/A	La válvula presenta corrosión por humedad, no presenta: torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Se sugiere que el fabricante cambie las piezas involucradas: accesorio en T metálico
V-133	<i>Foto Válvula de control de entrada del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		N/A	La válvula presenta corrosión por humedad, no presenta: torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Se sugiere que el fabricante cambie las piezas involucradas: tornillo y tuerca válvula.
V-134	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 1 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-135	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 2 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-136	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 3 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-137	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 4 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 154.




Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-108) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-108)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-138	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 5 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-139	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 6 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-140	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 7 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-141	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 8 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-142	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 9 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 155.

Tabla de las válvulas en el reactor PFR (R-108) – Parte 3.





BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PFR (R-108)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-143	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 10 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-144	<i>Foto Válvula de la toma de muestra del producto del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-181	<i>Foto Válvula de entrada del aceite térmico del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Reactor PFR (R-108): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas V-132 y V-133, las cuales presentan corrosión por humedad tanto en el accesorio en T como en la tuerca de seguridad del reactor PFR (R-108) del banco de reactores del CEPIIS, no es viable hacer una puesta en marcha del equipo hasta cambiar las piezas, ya que se puede incurrir en riesgo de deterioro prematuro del equipo, incidencia de la oxidación en el fluido circundante, pérdida total de la pieza u obstrucción de movilidad de la válvula.

Figura 156.







Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-108) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor PFR (R-108)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-38	<i>Foto Indicador de temperatura de mezcla del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-39	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 1 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-40	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 2 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-41	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 3 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 157.




Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-108) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor PFR (R-108)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-42	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 4 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-43	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 5 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-44	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 6 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-45	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 7 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-46	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 8 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-47	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 9 del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 158.

Tabla de los sensores en el reactor PFR (R-108) – Parte 3.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor PFR (R-108)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-48	<i>Foto Indicador de temperatura de producto del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-16	<i>Foto Indicador de presión a la entrada del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
P-17	<i>Foto Indicador de presión a la salida del reactor PFR (R-108) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Reactor PFR (R-108): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del reactor PFR (R-108) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.b.v. Reactor PBR (R-109).

Figura 159.





Foto del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.



Nota. La foto del reactor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 160.




Tabla de las válvulas en el reactor PBR (R-109) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PBR (R-109)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-145	<i>Foto Válvula de entrada de la mezcla del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión por humedad, no presenta: torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Se sugiere que el fabricante cambie las piezas involucradas: accesorio codo. Abre y cierra sin inconveniente
V-146	<i>Foto Válvula de control de entrada del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		N/A	La válvula presenta corrosión por humedad, no presenta: torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Se sugiere que el fabricante cambie las piezas involucradas: tornillo y tuerca válvula.
V-147	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 1 del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-148	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 2 del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 161.

Tabla de las válvulas en el reactor PBR (R-109) – Parte 2.





BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas Reactor PBR (R-109)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-149	<i>Foto Válvula de la toma de muestra 3 del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-150	<i>Foto Válvula de la toma de muestra del producto del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
V-183	<i>Foto Válvula de entrada del aceite térmico del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Reactor PBR (R-109): Teniendo en cuenta el estado estructural de la válvula V-146, la cual presenta corrosión por humedad en la tuerca impidiendo la movilidad segura de la válvula del reactor PBR (R-109) del banco de reactores del CEPIIS, no es viable hacer una puesta en marcha del equipo hasta cambiar la pieza.

Figura 162.



Tabla de los sensores en el reactor PBR (R-109) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor PBR (R-109)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-49	<i>Foto Indicador de temperatura de mezcla del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-50	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 1 del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-51	<i>Foto Indicador de temperatura de muestra 2 del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TI-52	<i>Foto Indicador de temperatura de producto del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 163.

Tabla de los sensores en el reactor PBR (R-109) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores Reactor PBR (R-109)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
PI-18	<i>Foto Indicador de presión a la entrada del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
P-19	<i>Foto Indicador de presión a la salida del reactor PBR (R-109) del banco de reactores.</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Reactor PBR (R-109): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del reactor PFR (R-109) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

En los reactores R-105, R-106, R-107, R-108 y R-109 las válvulas, indicadores de temperatura, presión y nivel, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. Las conexiones eléctricas NO presentan ningún daño, los soportes de los reactores siguen firmes y no hay ningún tipo de oxidación.

4.3.1.c. Tanques de almacenamiento.

4.3.1.c.i. Tanque (TK-101).

Figura 164.





Foto del tanque de almacenamiento (TK-101) del banco de reactores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 165.



Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-101) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del tanque (TK-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-001	<i>Foto Válvula de alivio atmosférico del Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-002	<i>Foto Válvula de línea de entrada del Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-003	<i>Foto Válvula de purga del Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-004	<i>Foto Válvula de salida del Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 166.

Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-101) – Parte 2.




BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del tanque (TK-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-005	<i>Foto Válvula de control de la salida del Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		N/A	La válvula presenta corrosión, no presenta torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-007	<i>Foto Válvula de entrada de la recirculación del Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Tanque (TK-101): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del tanque (TK-101) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable, exceptuando la válvula V-005 la cual presenta corrosión, se sugiere utilizar inhibidores para contrarrestar esta oxidación.

Figura 167.

Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-101) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores del tanque (TK-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-1	<i>Foto Indicador de temperatura tanque (TK-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-1	<i>Foto Indicador de presión tanque (TK-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
LI-1	<i>Foto Indicador de nivel tanque (TK-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Tanque (TK-101): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del tanque (TK-101) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.c.ii. Tanque (TK-102).

Figura 168.




Foto del tanque de almacenamiento (TK-102) del banco de reactores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 169.




Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-102) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del tanque (TK-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-037	<i>Foto Válvula de línea de entrada Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-038	<i>Foto Válvula de alivio atmosférico del Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-039	<i>Foto Válvula de salida del Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 170.

Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-102) – Parte 2.



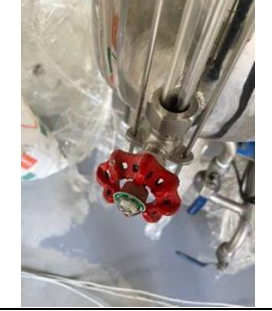
BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del tanque (TK-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-040	<i>Foto Válvula de purga del Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-041	<i>Foto Válvula de control de la salida del Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-043	<i>Foto Válvula de entrada de la recirculación del Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Tanque (TK-102): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del tanque (TK-102) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

Figura 171.

Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-102) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores del tanque (TK-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-2	<i>Foto Indicador de temperatura tanque (TK-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-3	<i>Foto Indicador de presión tanque (TK-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
LI-2	<i>Foto Indicador de nivel tanque (TK-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		N/A	El indicador presenta un golpe en la mirilla de cristal del indicador de nivel. Se sugiere contactar al proveedor del equipo PS&E para cambiar la pieza.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Tanque (TK-102): Teniendo en cuenta el estado estructural del indicador de nivel LI-2 del tanque (TK-102) del banco de reactores del CEPIIS, no se aprueban los sensores del equipo por lo que no es viable hacer una puesta en marcha segura del tanque hasta cambiar la pieza.

En los tanques de almacenamiento TK-101 y TK-102 las válvulas, indicadores de temperatura y presión, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. Las conexiones eléctricas NO presentan ningún daño, los soportes de los tanques siguen firmes.

Por el contrario, se encontró un daño en una de las perillas del indicador de nivel del tanque de almacenamiento TK-102 (figura 110), fueron golpeadas fuertemente dañando las patillas de donde se sostenía, en estos momentos no funciona y debe ser cambiada.

También se encontró oxido en la válvula V-005 del tanque TK-101 (figura 111), debido a que no fue completamente cubierta con plástico y al estar expuesta a la intemperie, se acumuló de agua y termino en un estado de oxidación, el cual no es grave, pero si debe ser tratado cuanto antes.

4.3.1.c.iii. Tanque (TK-103).

Figura 172.


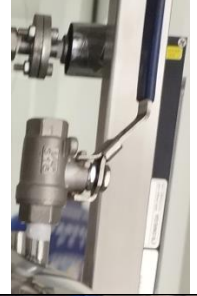

Foto del tanque de almacenamiento (TK-103) del banco de reactores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 173.

Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-103) – Parte 1.




BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del tanque (TK-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-100	<i>Foto Válvula de línea de entrada Tanque de producto (TK-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-102	<i>Foto Válvula de alivio atmosférico Tanque de producto (TK-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-103	<i>Foto Válvula de salida de producto Tanque de producto (TK-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales válvulas Tanque de producto (TK-103): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del Tanque de producto (TK-103) del sistema de enfriamiento del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas por tener un Aceptable en su totalidad.

Figura 174.

Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-103) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores del tanque (TK-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-16	<i>Foto Indicador de temperatura Tanque de producto (TK-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-9	<i>Foto Indicador de presión Tanque de producto (TK-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
LI-7	<i>Foto Indicador de nivel Tanque de producto (TK-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Tanque de producto (TK-103): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del Tanque de producto (TK-103) del sistema de enfriamiento del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.c.iv. Tanque (TK-104).

Figura 175.



Foto del tanque de almacenamiento (TK-104) del banco de reactores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 176.

Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-104) – Parte 1.



BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del tanque (TK-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-153	<i>Foto Válvula de alivio atmosférico Tanque de producto (TK-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-154	<i>Foto Válvula de salida de producto Tanque de producto (TK-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales válvulas Tanque de producto (TK-104): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del Tanque de producto (TK-104) del sistema de enfriamiento del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas por tener un Aceptable en su totalidad.

Figura 177.

Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-104) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores del tanque (TK-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-13	<i>Foto Indicador de temperatura Tanque de producto (TK-104) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-20	<i>Foto Indicador de presión Tanque de producto (TK-104) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Tanque de producto (TK-104): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del Tanque de producto (TK-104) del sistema de enfriamiento del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.c.v. Tanque (TK-105).

Figura 178.





Foto del tanque de almacenamiento (TK-105) del banco de reactores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 179.

Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-105) – Parte 1.




BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del tanque (TK-105)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-155	<i>Foto Válvula de línea de entrada Tanque de aceite térmico (TK-105) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-156	<i>Foto Válvula de salida Tanque de aceite térmico (TK-105) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-157	<i>Foto Válvula de control de salida Tanque de aceite térmico (TK-105) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-158	<i>Foto Válvula de entrada de la recirculación Tanque de aceite térmico (TK-105) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas tanque de aceite térmico (TK-105): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del tanque de aceite térmico (TK-105) del sistema de calentamiento del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas por tener un Aceptable en su totalidad.

Figura 180.

Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-105) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores del tanque (TK-105)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-54	<i>Foto Indicador de temperatura Tanque de aceite térmico (TK-105) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-21	<i>Foto Indicador de presión Tanque de aceite térmico (TK-105) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
LI-9	<i>Foto Indicador de nivel Tanque de aceite térmico (TK-105) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales sensores tanque de aceite térmico (TK-105): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del tanque de aceite térmico (TK-105) del sistema de calentamiento del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.c.vi. Tanque (TK-106).

Figura 181.





Foto del tanque de almacenamiento (TK-106) del banco de reactores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 182.

Tabla de las válvulas en el tanque de almacenamiento (TK-106) – Parte 1.




BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del tanque (TK-106)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-164	<i>Foto Válvula de línea de entrada Tanque de aceite térmico (TK-106) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-165	<i>Foto Válvula de salida Tanque de aceite térmico (TK-106) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-166	<i>Foto Válvula de control de salida Tanque de aceite térmico (TK-106) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-167	<i>Foto Válvula de entrada de la recirculación Tanque de aceite térmico (TK-106) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas tanque de aceite térmico (TK-106): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del tanque de aceite térmico (TK-106) del sistema de calentamiento del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas por tener un Aceptable en su totalidad.

Figura 183.

Tabla de los sensores en el tanque de almacenamiento (TK-106) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores del tanque (TK-106)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-55	<i>Foto Indicador de temperatura Tanque de aceite térmico (TK-105) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-22	<i>Foto Indicador de presión Tanque de aceite térmico (TK-105) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
LI-10	<i>Foto Indicador de nivel Tanque de aceite térmico (TK-105) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales sensores tanque de aceite térmico (TK-106): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del tanque de aceite térmico (TK-106) del sistema de

calentamiento del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores por tener un Aceptable en su totalidad.

En los tanques de almacenamiento TK-103, TK-104, TK-105 y TK-106 las válvulas, indicadores de temperatura, presión y nivel, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. Las conexiones eléctricas NO presentan ningún daño, los soportes de los tanques de almacenamiento siguen firmes y no hay ningún tipo de oxidación.

4.3.1.d. Bombas dosificadoras.

4.3.1.d.i. Bomba dosificadora (P-101).

Figura 184.







Foto de la bomba dosificadora (P-101) del banco de reactores.



Nota. La foto de la bomba fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 185.

Tabla de las válvulas en la bomba dosificadora (P-101) – Parte 1.


BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas de la bomba (P-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-004	<i>Foto Válvula de entrada Bomba dosificadora 1 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-005	<i>Foto Válvula de control de entrada Bomba dosificadora 1 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-006	<i>Foto Válvula de alivio Bomba dosificadora 1 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-007	<i>Foto Válvula contrapresión Bomba dosificadora 1 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-008	<i>Foto Válvula de la tapa planchada Bomba dosificadora 1 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-009	<i>Foto Válvula de salida Bomba dosificadora 1 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Bomba (P-101): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas de la bomba (P-101) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

Figura 186.

Tabla de los sensores en la bomba dosificadora (P-101) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores de la bomba (P-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
PI-2	<i>Foto Indicador de presión Bomba dosificadora 1 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Bomba (P-101): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores de la bomba (P-101) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.d.ii. Bomba dosificadora (P-102).

Figura 187.




Foto de la bomba dosificadora (P-102) del banco de reactores.



Nota. La foto de la bomba fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 188.

Tabla de las válvulas en la bomba dosificadora (P-102) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas de la bomba (P-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-039	<i>Foto Válvula de entrada Bomba dosificadora 2 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-041	<i>Foto Válvula de control de entrada Bomba dosificadora 2 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-042	<i>Foto Válvula de alivio Bomba dosificadora 2 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 189.

Tabla de las válvulas en la bomba dosificadora (P-102) – Parte 2.


BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas de la bomba (P-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-043	<i>Foto Válvula contrapresión Bomba dosificadora 2 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-044	<i>Foto Válvula de la tapa planchada Bomba dosificadora 2 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-045	<i>Foto Válvula de salida Bomba dosificadora 2 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Bomba (P-102): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas de la bomba (P-102) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

Figura 190.

Tabla de los sensores en la bomba dosificadora (P-102) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores de la bomba (P-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
PI-4	<i>Foto Indicador de presión Bomba dosificadora 2 Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Bomba (P-102): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores de la bomba (P-102) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

En las bombas dosificadoras P-101 y P-102 las válvulas e indicadores de presión, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. Los motores se ven en buen estado, las conexiones eléctricas NO presentan ningún daño, los soportes de las bombas siguen firmes y no hay ningún tipo de oxidación.

4.3.1.e. Bombas centrifugas.

4.3.1.e.i. Bomba centrifuga (P-103).

Figura 191.




Foto de la bomba centrifuga (P-103) del banco de reactores.



Nota. La foto de la bomba fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 192.

Tabla de las válvulas en la bomba centrífuga (P-103) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas de la bomba (P-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-156	<i>Foto Válvula de entrada Bomba centrífuga (P-104) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-158	<i>Foto Válvula de salida Tanque de aceite térmico (TK-106) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-159	<i>Foto Válvula de control de salida Tanque de aceite térmico (TK-106) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Bomba (P-103): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas de la bomba (P-103) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.e.ii. Bomba centrífuga (P-104).

Figura 193.




Foto de la bomba centrífuga (P-104) del banco de reactores.



Nota. La foto de la bomba fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 194.

Tabla de las válvulas en la bomba centrífuga (P-104) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas de la bomba (P-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-165	<i>Foto Válvula de entrada Bomba centrífuga (P-104) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-167	<i>Foto Válvula de salida Tanque de aceite térmico (TK-106) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-168	<i>Foto Válvula de control de salida Tanque de aceite térmico (TK-106) Sistema de calentamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Bomba (P-104): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas de la bomba (P-104) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

En las bombas centrífugas P-103 y P-104 las válvulas e indicadores de presión, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. Los motores se ven en buen

estado, las conexiones eléctricas NO presentan ningún daño, los soportes de las bombas siguen firmes y no hay ningún tipo de oxidación.

4.3.1.f. Intercambiadores de calor.

4.3.1.f.i. Intercambiador de calor (E-101).

Figura 195.





Foto del intercambiador de calor (E-101) del banco de reactores.



Nota. La foto del intercambiador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 196.




Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-101) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del intercambiador (E-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-010	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo Intercambiador de calor (E-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-011	<i>Foto Válvula de control de entrada del reactivo Intercambiador de calor (E-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-012	<i>Foto Válvula de alivio Intercambiador de calor (E-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-013	<i>Foto Válvula de salida del reactivo a RO-101 Intercambiador de calor (E-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 197.

Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-101) – Parte 2.


BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del intercambiador (E-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-014	<i>Foto Válvula de salida del reactivo a RO-103 Intercambiador de calor (E-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-060	<i>Foto Válvula de entrada del aceite térmico Intercambiador de calor (E-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-161	<i>Foto Válvula control de entrada del aceite térmico Intercambiador de calor (E-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Intercambiador de calor (E-101): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del intercambiador de calor (E-101) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

Figura 198.

Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-101) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores del intercambiador (E-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-3	<i>Foto Indicador de temperatura Intercambiador de calor (E-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

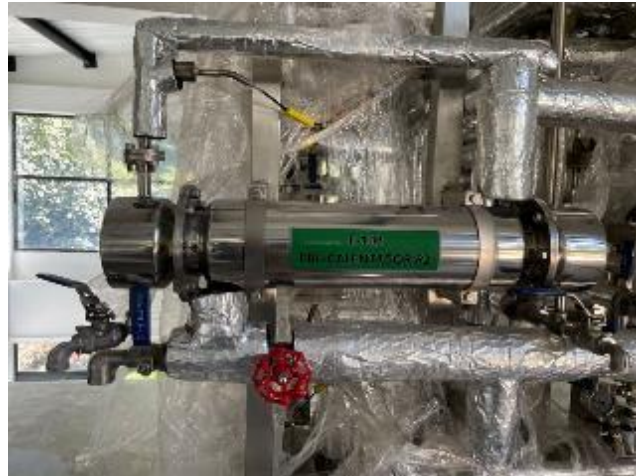
Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Intercambiador de calor (E-101): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del intercambiador de calor (E-101) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.f.ii. Intercambiador de calor (E-102).

Figura 199.






Foto del intercambiador de calor (E-102) del banco de reactores.



Nota. La foto del intercambiador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 200.



Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-102) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del intercambiador (E-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-046	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo Intercambiador de calor (E-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-047	<i>Foto Válvula de control de entrada del reactivo Intercambiador de calor (E-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-048	<i>Foto Válvula de alivio Intercambiador de calor (E-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-049	<i>Foto Válvula de salida del reactivo a RO-102 Intercambiador de calor (E-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-050	<i>Foto Válvula de salida del reactivo a RO-104 Intercambiador de calor (E-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 201.

Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-102) – Parte 2.


BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del intercambiador (E-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-162	<i>Foto Válvula de entrada del aceite térmico Intercambiador de calor (E-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-163	<i>Foto Válvula control de entrada del aceite térmico Intercambiador de calor (E-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Intercambiador de calor (E-102): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del intercambiador de calor (E-102) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

Figura 202.

Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-102) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores del intercambiador (E-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-4	<i>Foto Indicador de temperatura Intercambiador de calor (E-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Intercambiador de calor (E-102): Teniendo en cuenta el estado estructural de los sensores del intercambiador de calor (E-102) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.f.iii. Intercambiador de calor (E-103).

Figura 203.





Foto del intercambiador de calor (E-103) del banco de reactores.



Nota. La foto del intercambiador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 204.



Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-103) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del intercambiador (E-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-093	<i>Foto Válvula de entrada del producto de R-103 Intercambiador de calor (E-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-099	<i>Foto Válvula de entrada del producto de R-104 Intercambiador de calor (E-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-100	<i>Foto Válvula de salida del producto Intercambiador de calor (E-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-101	<i>Foto Válvula de alivio Intercambiador de calor (E-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 205.

Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-103) – Parte 2.

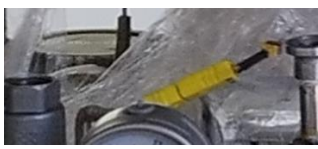
BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del intercambiador (E-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-190	<i>Foto Válvula de entrada de agua Intercambiador de calor (E-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-192	<i>Foto Válvula de control de entrada de agua Intercambiador de calor (E-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Intercambiador de calor (E-103): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del Intercambiador de calor (E-103) del sistema de enfriamiento del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas por tener un Aceptable en su totalidad.

Figura 206.

Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-103) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Sensores del intercambiador (E-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-15	<i>Foto Indicador de temperatura Intercambiador de calor (E-103) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Intercambiador de calor (E-103): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del Intercambiador de calor (E-103) del sistema de enfriamiento del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban los sensores por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.f.iv. Intercambiador de calor (E-104).

Figura 207.






Foto del intercambiador de calor (E-104) del banco de reactores.



Nota. La foto del intercambiador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 208.

Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-104) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del intercambiador (E-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-113	<i>Foto Válvula de entrada del producto de R-105 Intercambiador de calor (E-104) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-123	<i>Foto Válvula de entrada del producto de R-106 Intercambiador de calor (E-104) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-151	<i>Foto Válvula de recirculación Intercambiador de calor (E-104) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-152	<i>Foto Válvula de alivio Intercambiador de calor (E-104) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-191	<i>Foto Válvula de entrada de agua Intercambiador de calor (E-104) Sistema de enfriamiento Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Intercambiador de calor (E-104): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del Intercambiador de calor (E-104) del sistema de enfriamiento del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas por tener un Aceptable en su totalidad.

En los intercambiadores de calor E-101, E-102, E-103 y E-104 las válvulas e indicadores de temperatura, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. Las conexiones eléctricas NO presentan ningún daño, los soportes de los intercambiadores de calor siguen firmes y no hay ningún tipo de oxidación.

4.3.1.g. Divisores de corriente.

4.3.1.g.i. Divisor de corriente (S-101).

Figura 209.






Foto del divisor de corriente (S-101) del banco de reactores.



Nota. La foto del divisor de corriente fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 210.

Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-101) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del divisor (S-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-016	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 1 Divisor (S-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-018	<i>Foto Válvula de salida a R-101 Divisor (S-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-020	<i>Foto Válvula de salida a R-103 Divisor (S-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-022	<i>Foto Válvula de salida a R-104 Divisor (S-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-024	<i>Foto Válvula de control Divisor (S-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Divisor de corriente (S-101): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del divisor de corriente (S-101) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.g.ii. Divisor de corriente (S-102)

Figura 211.





Foto del divisor de corriente (S-102) del banco de reactores.



Nota. La foto del divisor de corriente fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 212.




Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-102) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del divisor (S-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-026	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 1 Divisor (S-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-028	<i>Foto Válvula de salida a M-101 Divisor (S-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-029	<i>Foto Válvula de control a M-10 Divisor (S-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-031	<i>Foto Válvula de salida a M-102 Divisor (S-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		N/A	La válvula presenta corrosión en el accesorio en T, no presenta torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Se sugiere contactar al proveedor del equipo PS&E para cambiar la pieza.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 213.

Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-102) – Parte 2.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del divisor (S-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-032	<i>Foto Válvula de control a M-102 Divisor (S-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-034	<i>Foto Válvula de salida a M-103 Divisor (S-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-035	<i>Foto Válvula de control a M-103 Divisor (S-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Divisor de corriente (S-102): Teniendo en cuenta el estado estructural de la válvula V-031 de salida a M-102 del divisor de corriente (S-102) del banco de reactores del CEPIIS, la cual presenta corrosión en el accesorio metálico en T, lo que podría ocasionar un deterioro prematuro del equipo y afectación en los fluidos circulantes por oxidación. No se aprueban las válvulas del equipo por lo que no es viable hacer una puesta en marcha segura del divisor hasta cambiar la pieza.

4.3.1.g.iii. Divisor de corriente (S-103).

Figura 214.






Foto del divisor de corriente (S-103) del banco de reactores.



Nota. La foto del divisor de corriente fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 215.

Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-103) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del divisor (S-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-052	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 2 Divisor (S-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-054	<i>Foto Válvula de salida a R-101 Divisor (S-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-056	<i>Foto Válvula de salida a R-103 Divisor (S-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-058	<i>Foto Válvula de salida a R-104 Divisor (S-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-060	<i>Foto Válvula de control Divisor (S-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Divisor de corriente (S-103): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del divisor de corriente (S-103) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.g.iv. Divisor de corriente (S-104).

Figura 216.

Foto del divisor de corriente (S-104) del banco de reactores.



Nota. La foto del divisor de corriente fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 217.




Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-104) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del divisor (S-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-062	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 2 Divisor (S-104) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-064	<i>Foto Válvula de salida a M-101 Divisor (S-104) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-065	<i>Foto Válvula de control a M-10 Divisor (S-104) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-068	<i>Foto Válvula de salida a M-103 Divisor (S-104) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 218.

Tabla de las válvulas en el divisor de corriente (S-104) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del divisor (S-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-069	<i>Foto Válvula de control a M-103 Divisor (S-104) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-072	<i>Foto Válvula de salida a M-102 Divisor (S-104) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-073	<i>Foto Válvula de control a M-102 Divisor (S-104) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Divisor de corriente (S-104): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del divisor de corriente (S-104) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

En los divisores de corrientes S-101, S-102, S-103 y S-104 las válvulas, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. Los soportes de los divisores de corriente siguen firmes y no hay ningún tipo de oxidación.

4.3.1.h. Mezcladores estáticos.

4.3.1.h.i. Mezclador estático (M-101).

Figura 219.





Foto del mezclador estático (M-101) del banco de reactores.



Nota. La foto del mezclador estático fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 220.

Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-101) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del mezclador (M-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-030	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 1 Mezclador estático (M-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-066	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 2 Mezclador estático (M-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-067	<i>Foto Válvula de control de entrada del reactivo 2 Mezclador estático (M-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-104	<i>Foto Válvula de salida de la mezcla Mezclador estático (M-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas mezclador (M-101): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del mezclador estático (M-101) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.h.ii. Mezclador estático (M-102).

Figura 221.





Foto del mezclador estático (M-102) del banco de reactores.



Nota. La foto del mezclador estático fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 222.

Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-102) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del mezclador (M-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-036	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 1 Mezclador estático (M-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-074	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 2 Mezclador estático (M-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-075	<i>Foto Válvula de control de entrada del reactivo 2 Mezclador estático (M-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-132	<i>Foto Válvula de salida de la mezcla Mezclador estático (M-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas mezclador (M-102): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del mezclador estático (M-102) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.h.iii. Mezclador estático (M-103).

Figura 223.





Foto del mezclador estático (M-103) del banco de reactores.



Nota. La foto del mezclador estático fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 224.

Tabla de las válvulas en el mezclador estático (M-103) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del mezclador (M-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-033	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 1 Mezclador estático (M-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-070	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 2 Mezclador estático (M-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-071	<i>Foto Válvula de control de entrada del reactivo 2 Mezclador estático (M-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-145	<i>Foto Válvula de salida de la mezcla Mezclador estático (M-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas mezclador (M-103): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del mezclador estático (M-103) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

En los mezcladores estáticos M-101, M-102 y M-103 las válvulas, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. El aislante térmico NO está rasgado, los soportes de los mezcladores siguen firmes y no hay ningún tipo de oxidación.

4.3.1.i. Rotámetros.

4.3.1.i.i. Rotámetro (RO-101).

Figura 225.




Foto del rotámetro (RO-101) del banco de reactores.



Nota. La foto del rotámetro fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 226.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-101) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del rotámetro (RO-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-015	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 1 Rotámetro (RO-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-016	<i>Foto Válvula de control Rotámetro (RO-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-017	<i>Foto Válvula de salida a S-101 (RO-101) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Rotámetro (RO-101): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del Rotámetro (RO-101) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.i.ii. Rotámetro (RO-102).

Figura 227.




Foto del rotámetro (RO-102) del banco de reactores.



Nota. La foto del rotámetro fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 228.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-102) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del rotámetro (RO-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-025	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 1 Rotámetro (RO-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-026	<i>Foto Válvula de control Rotámetro (RO-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-027	<i>Foto Válvula de salida a S-103 (RO-102) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Rotámetro (RO-102): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del rotámetro (RO-102) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.i.iii. Rotámetro (RO-103).

Figura 229.




Foto del rotámetro (RO-103) del banco de reactores.



Nota. La foto del rotámetro fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 230.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-103) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del rotámetro (RO-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-051	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 2 Rotámetro (RO-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-052	<i>Foto Válvula de control Rotámetro (RO-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-053	<i>Foto Válvula de salida a S-103 (RO-103) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Rotámetro (RO-103): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del rotámetro (RO-103) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

4.3.1.i.iv. Rotámetro (RO-104).

Figura 231.




Foto del rotámetro (RO-104) del banco de reactores.



Nota. La foto del rotámetro fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 232.

Tabla de las válvulas en el rotámetro (RO-104) – Parte 1.

BANCO DE REACTORES CEPIIS - Válvulas del rotámetro (RO-104)					
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022					
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860					
Equipo	Especificación	Fotografía		Estado A N/A	Recomendaciones
V-061	<i>Foto Válvula de entrada del reactivo 2 Rotámetro (RO-104) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>			A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-062	<i>Foto Válvula de control Rotámetro (RO-104) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>			A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-063	<i>Foto Válvula de salida a S-104 (RO-104) Sistema de alimentación Banco de reactores</i>			A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Rotámetro (RO-104): Teniendo en cuenta el estado estructural de las válvulas del rotámetro (RO-104) del banco de reactores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por tener un Aceptable en su totalidad.

En los rotámetros RO-101, RO-102, RO-103 y RO-104 las válvulas, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. Los soportes de los rotámetros siguen firmes y no hay ningún tipo de oxidación.

4.3.1.j. Tablero de control.

Figura 233.

Foto del tablero de control del banco de reactores.



Nota. La foto del tablero de control fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 234.

Foto del tablero de control por dentro del banco de reactores.



Nota. La foto del tablero de control fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 235.

Foto del daño en el botón de encendido del tablero de control del banco de reactores.



Nota. La foto del botón fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El tablero de control NO presenta ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión. las conexiones eléctricas NO presentan ningún daño, Los soportes del tablero siguen firmes y no hay ningún tipo de oxidación.

Por el contrario se encontró un daño en el botón de encendido (figura 140), fue golpeado fuertemente dañando la integridad del botón, en estos momentos no funciona y debe ser cambiado.

4.3.1.k. Estructura.

Figura 236.

Foto la estructura del banco de reactores.



Nota. La foto de la estructura fue tomada por el equipo del CEPIIS.

La estructura presenta algunas alteraciones debido al traslado que se le ha dado al banco de reactores, esta estructura presenta algunas ruedas gastadas pero siguen en funcionamiento. La integridad de la estructura no se ve perjudicada, pero presenta algunos rayones, NO presenta golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. No hay ningún tipo de oxidación debido a que se envolvió muy bien con el plástico.

4.3.2. *Tren de evaporadores*

Según la sección 1.5.7 el tren de evaporadores se compone de los siguientes equipos y accesorios:

- 3 evaporadores.
- 3 ciclones.
- 2 intercambiadores de calor.
- 7 tanques de almacenamiento.
- 3 bombas dosificadoras.
- 1 bomba centrífuga.
- 1 bomba de vacío.
- 5 divisores de corriente.
- 4 rotámetros.
- 1 tablero de control.
- 1 estructura con ruedas.
- 147 válvulas.
- 12 indicadores de temperatura.
- 12 transmisores de temperatura.
- 12 indicadores de presión.
- 7 indicadores de peso.
- 10 indicadores de nivel.
- 4 controladores de nivel.

4.3.2.a. Evaporadores.

4.3.2.a.i. Evaporador de tubos verticales (E-101).

Figura 237.




Foto del evaporador de tubos verticales (E-101) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del evaporador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 238.





Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos verticales (E-101) – Parte 1.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del evaporador (E-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-007	<i>Foto Válvula de entrada del vapor de agua del Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-013	<i>Foto Válvula de alivio de presión Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-014	<i>Foto Válvula de condensados de producto de cimas Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 239.





Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos verticales (E-101) – Parte 2.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del evaporador (E-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-015	<i>Foto Válvula de control de flujo a E-103 del Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-016	<i>Foto Válvula de paso a E-103 del Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-017	<i>Foto Válvula de paso a condensar a E-105 del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-018	<i>Foto Válvula de vapor a condensar en E-105 del Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 240.





Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos verticales (E-101) – Parte 3.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del evaporador (E-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-025	<i>Foto Válvula de paso del producto en E-101 del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-061	<i>Foto Válvula de paso del alimento del Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-062	<i>Foto Válvula de paso de la mezcla del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-063	<i>Foto Válvula de control de entrada del alimento del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 241.

Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos verticales (E-101) – Parte 4.





TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del evaporador (E-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-064	<i>Foto Válvula de acumulados de agua condensada del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-080	<i>Foto Válvula de producto de fondos del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-099	<i>Foto Válvula de condensados de vapor del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-0126	<i>Foto Válvula de paso del producto del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Evaporador calandria (E-101): Teniendo en cuenta la condición en la cual se encuentran las válvulas del Evaporador calandria (E-101) del Tren de evaporadores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

Figura 242.

Tabla de los sensores en el evaporador de tubos verticales (E-101) – Parte 1.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Sensores del evaporador (E-101)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-2	<i>Foto Indicador de temperatura del Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
TT-2	<i>Foto Transmisor de temperatura Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
PI-3	<i>Foto Indicador de presión Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
LG-2	<i>Foto Visor de nivel del Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Evaporador calandria (E-101): Teniendo en cuenta la condición en la cual se encuentran los sensores del Evaporador calandria (E-101) del Tren de evaporadores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

4.3.2.a.ii. Evaporador de tubos horizontales (E-102).

Figura 243.






Foto del evaporador de tubos horizontales (E-102) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del evaporador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 244.





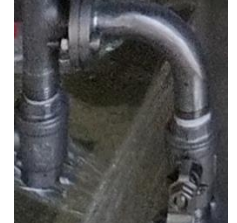
Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos horizontales (E-102) – Parte 1.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del evaporador (E-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-009	<i>Foto Válvula de entrada del vapor de agua del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-019	<i>Foto Válvula de alivio de presión Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-020	<i>Foto Válvula de condensados de producto de cimas Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-021	<i>Foto Válvula de control de flujo a E-103 del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-022	<i>Foto Válvula de paso a E-103 del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 245.






Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos horizontales (E-102) – Parte 2.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del evaporador (E-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-023	<i>Foto Válvula de paso a condensar a E-105 del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-024	<i>Foto Válvula de vapor a condensar en E-105 del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-078	<i>Foto Válvula de paso del producto en E-101 del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-079	<i>Foto Válvula de paso del alimento del Evaporador de calandria (E-101) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-083	<i>Foto Válvula de paso de la mezcla del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 246.

Tabla de las válvulas en el evaporador de tubos horizontales (E-102) – Parte 3.





TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del evaporador (E-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-084	<i>Foto Válvula de control de entrada del alimento del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-085	<i>Foto Válvula de acumulados de agua condensada del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-086	<i>Foto Válvula de producto de fondos del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-102	<i>Foto Válvula de condensados de vapor del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-125	<i>Foto Válvula de paso del producto del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Evaporador calandria (E-102): Teniendo en cuenta la condición en la cual se encuentran las válvulas del Evaporador calandria (E-102) del Tren de evaporadores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

Figura 247.

Tabla de los sensores en el evaporador de tubos horizontales (E-102) – Parte 1.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Sensores del evaporador (E-102)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-4	<i>Foto Indicador de temperatura del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
TT-4	<i>Foto Transmisor de temperatura del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
PI-6	<i>Foto Indicador de presión del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
LG-4	<i>Foto Indicador de nivel del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Evaporador tubos horizontales (E-102): Teniendo en cuenta la condición en la cual se encuentran los sensores del Evaporador calandria (E-102) del Tren de evaporadores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

4.3.2.a.iii. Evaporador de chaqueta (E-103).

Figura 248.






Foto del evaporador de chaqueta (E-103) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del evaporador fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 249.






Tabla de las válvulas en el evaporador de chaqueta (E-103) – Parte 1.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del evaporador (E-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-011	<i>Foto Válvula de entrada del vapor de agua del Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-026	<i>Foto Válvula de alivio de presión Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-027	<i>Foto Válvula de condensados de producto de cimas Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-029	<i>Foto Válvula de control de flujo a E-103 del Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-105	<i>Foto Válvula de paso a E-103 del Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 250.



Tabla de las válvulas en el evaporador de chaqueta (E-103) – Parte 2.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del evaporador (E-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-106	<i>Foto Válvula de paso a condensar a E-105 del Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-107	<i>Foto Válvula de paso de mezcla del Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-108	<i>Foto Válvula de paso del producto en E-101 del Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-109	<i>Foto Válvula de paso de producto de E-104 del Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-110	<i>Foto Válvula de acumulados de agua condensada del Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 251.

Tabla de las válvulas en el evaporador de chaqueta (E-103) – Parte 3.





TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del evaporador (E-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-111	<i>Foto Válvula de producto de fondos del Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-129	<i>Foto Válvula de condensados de vapor Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Evaporador chaqueta (E-103): Teniendo en cuenta la condición en la cual se encuentran las válvulas del Evaporador de chaqueta (E-103) del Tren de evaporadores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

Figura 252.

Tabla de los sensores en el evaporador de chaqueta (E-103) – Parte 3.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Sensores del evaporador (E-103)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-6	<i>Foto Indicador de temperatura Evaporador de chaqueta (E-103) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
TT-6	<i>Foto Transmisor de temperatura del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
PI-9	<i>Foto Indicador de presión del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
LG-6	<i>Foto Indicador de nivel del Evaporador de calandria (E-102) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Evaporador de chaqueta (E-103): Teniendo en cuenta la condición en la cual se encuentran los sensores del Evaporador calandria (E-103) del Tren de evaporadores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

En los evaporadores E-101, E-102, E-103 las válvulas, indicadores de temperatura, presión y nivel, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, las estructuras NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. Las conexiones eléctricas NO presentan ningún daño, los soportes de los evaporadores siguen firmes sin embargo SI se presenta oxidación en 2 evaporadores. La primera evidencia de oxidación considerable está en la unión del evaporador de chaqueta (E-103) que comunica al tanque de almacenamiento TK-105. Esta oxidación se dio por mal empaquetamiento del evaporador, lo que permitió el ingreso de agua y la contención de esta por un tiempo prolongado.

Figura 253.

Foto de la oxidación en la zona inferior del evaporador de chaqueta (E-103).



Nota. La foto de la oxidación fue tomada por el equipo del CEPIIS.

La segunda evidencia de oxidación considerable está en la unión del evaporador de calandria (E-101) que comunica al tanque de almacenamiento TK-102. Esta oxidación se dio igualmente por mal empaquetamiento del evaporador, lo que permitió el ingreso de agua y la contención de esta por un tiempo prolongado.

Figura 254.

Foto de la oxidación en la zona inferior del evaporador de tubos verticales (calandria) (E-101).



Nota. La foto de la oxidación fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.b. Ciclones.

4.3.2.b.i. Ciclón (CY-101).

Figura 255.

Foto del ciclón (CY-101) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del ciclón fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.b.ii. Ciclón (CY-102).

Figura 256.

Foto del ciclón (CY-102) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del ciclón fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.b.iii. Ciclón (CY-103)

Figura 257.

Foto del ciclón (CY-103) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del ciclón fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los ciclones se encuentran en buen estado estructural, no presentan golpes, abolladuras ni oxidación. Se encontraron perfectamente empaquetados con vinipel y no se percibe ingreso de humedad. Tanto la superficie de las estructuras como las uniones NO presentan corrosión, desprendimiento ni torceduras.

4.3.2.c. Intercambiadores de calor.

4.3.2.c.i. Intercambiador de calor para recirculación forzada (E-104).

Figura 258.





Foto del intercambiador de calor (E-104) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del intercambiador de calor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 259.






Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-104) – Parte 1.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del intercambiador (E-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-012	<i>Foto Válvula de entrada del vapor de agua del Intercambiador (E-104) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-108	<i>Foto Válvula de salida de producto caliente del Intercambiador (E-104) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-132	<i>Foto Válvula de paso de producto de E-103 del Intercambiador (E-104) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-133	<i>Foto Válvula de paso de alimento del Intercambiador (E-104) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Figura 260.

Tabla de las válvulas en el intercambiador de calor (E-104) – Parte 2.


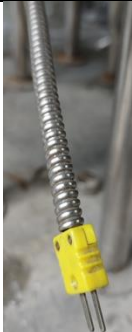
TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Válvulas del intercambiador (E-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
V-134	<i>Foto Válvula de acumulados de agua condensada del Intercambiador (E-104) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-135	<i>Foto Válvula de control de la muestra del Intercambiador (E-104) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-136	<i>Foto Válvula de muestra de la mezcla del Intercambiador (E-104) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-137	<i>Foto Válvula de control de entrada del alimento del Intercambiador (E-104) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.
V-138	<i>Foto Válvula de condensados de vapor del Intercambiador (E-104) Tren de evaporadores</i>		A	La válvula no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas.

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Válvulas Intercambiador (E-104): Teniendo en cuenta la condición en la cual se encuentran las válvulas del Intercambiador (E-104) del Tren de evaporadores del CEPIIS, se aprueban las válvulas del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

Figura 261.

Tabla de los sensores en el intercambiador de calor (E-104) – Parte 1.

TREN DE EVAPORADORES CEPIIS - Sensores del intercambiador (E-104)				
Fecha del diagnóstico: 02/12/2022				
Diagnóstico realizado por: Natalia Sanabria Alba. Cc 1020763031 Nicolás Ramírez Rivera. Cc 1013692860				
Equipo	Especificación	Fotografía	Estado A N/A	Recomendaciones
TI-8	<i>Foto Indicador de temperatura Intercambiador de calor (E-104) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente
TT-8	<i>Foto Transmisor de temperatura Intercambiador de calor (E-104) Tren de evaporadores</i>		A	El indicador no presenta corrosión, torcedura, abolladura, golpe, rayón o falta de piezas. Abre y cierra sin inconveniente

Nota. La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia lo visto en las fotografías.

Consideraciones parciales Sensores Intercambiador de calor (E-104): Teniendo en cuenta la condición en la cual se encuentran los sensores del Intercambiador de calor (E-104) del Tren de evaporadores del CEPIIS, se aprueban los sensores del equipo por su condición de Aceptable en su totalidad.

4.3.2.c.ii. Intercambiador de calor para condensar el producto (E-105).

Figura 262.

Foto del intercambiador de calor (E-105) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del intercambiador de calor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los intercambiadores de calor E-104 y E-105 NO presentaron alteraciones en su estructura, las válvulas se encuentran en buen estado, no presentan rupturas ni atascamiento. Se encontraron perfectamente empaquetados en vinipel, no se percibe oxidación en ninguna de sus partes.

4.3.2.d. Tanques de almacenamiento.

4.3.2.d.i. Tanque (TK-101).

Figura 263.

Foto del tanque de almacenamiento (TK-101) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.d.ii. Tanque (TK-102).

Figura 264.

Foto del tanque de almacenamiento (TK-102) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.d.iii. Tanque (TK-103).

Figura 265.

Foto del tanque de almacenamiento (TK-103) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.d.iv. Tanque (TK-104).

Figura 266.

Foto del tanque de almacenamiento (TK-104) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.d.v. Tanque (TK-105).

Figura 267.

Foto del tanque de almacenamiento (TK-105) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.d.vi. Tanque (TK-106).

Figura 268.

Foto del tanque de almacenamiento (TK-106) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.d.vii. Tanque (TK-107).

Figura 269.

Foto del tanque de almacenamiento (TK-107) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tanque fue tomada por el equipo del CEPIIS.

En los tanques de almacenamiento TK-101, TK-102, TK-103, TK-104, TK-105, TK-106 y TK-107 las válvulas, indicadores de temperatura y presión, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar, sin embargo el tanque de almacenamiento TK-105 no presenta tapa. Las conexiones eléctricas NO presentan ningún daño, los tanques se encuentran separados de la estructura, es decir, no están atornillados a la base de la unidad por lo que se encuentran en desorden y no se puede establecer las uniones entre las respectivas piezas como unidad.

4.3.2.e. Bombas dosificadoras.

4.3.2.e.i. Bomba dosificadora (P-102).

Figura 270.

Foto de la bomba dosificadora (P-102) del tren de evaporadores.



Nota. La foto de la bomba fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.e.ii. Bomba dosificadora (P-103).

Figura 271.

Foto de la bomba dosificadora (P-103) del tren de evaporadores.



Nota. La foto de la bomba fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.e.iii. Bomba dosificadora (P-104).

Figura 272.

Foto de la bomba dosificadora (P-104) del tren de evaporadores.



Nota. La foto de la bomba fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.f. Bomba centrífuga.

4.3.2.f.i. Bomba centrífuga (P-101).

Figura 273.

Foto de la bomba centrífuga (P-101) del tren de evaporadores.



Nota. La foto de la bomba fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.g. Bomba de vacío.

4.3.2.g.i. Bomba de vacío (P-105).

Figura 274.

Foto de la bomba de vacío (P-105) del tren de evaporadores.



Nota. La foto de la bomba fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El estado de las bombas P-101, P-102, P-103, P-104 Y P-105 es aceptable. No presentan daños por corrosión, golpes, averías, rayones o ensuciamiento. Todas las bombas, tanto las dosificadoras como las de vacío y centrífuga se encontraron totalmente cubiertas por vinipel, lo que hizo que no sufrieran daños en su estructura. Los tableros, los botones de accionamiento y los cabezales se encuentran en buen estado.

4.3.2.h. Divisores de corriente.

4.3.2.h.i. Divisor de corriente (S-101).

Figura 275.

Foto del divisor de corriente (S-101) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del divisor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.h.ii. Divisor de corriente (S-102).

Figura 276.

Foto del divisor de corriente (S-102) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del divisor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.h.iii. Divisor de corriente (S-103).

Figura 277.

Foto del divisor de corriente (S-103) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del divisor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.h.iv. Divisor de corriente (S-104).

Figura 278.

Foto del divisor de corriente (S-104) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del divisor fue tomada por el equipo del CEPIIS.

En los divisores de corriente S-101, S-102, S-103 las válvulas, indicadores de temperatura y presión, NO presentan ninguna alteración y se encuentran en buen estado. La integridad de los equipos no se ve perjudicada, NO presentan rayones, golpes, hendiduras, quemaduras, torceduras, esfuerzos por compresión o tensión, y tienen todos sus componentes en su lugar. Estos divisores se encuentran ensamblados a la estructura y no presentan oxidación ni rayones. No presentan golpes ni abolladuras.

4.3.2.i. Rotámetros.

4.3.2.i.i. Rotámetro (RO-101).

Figura 279.

Foto del rotámetro (RO-101) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del rotámetro fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.i.ii. Rotámetro (RO-102).

Figura 280.

Foto del rotámetro (RO-102) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del rotámetro fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.i.iii. Rotámetro (RO-103).

Figura 281.

Foto del rotámetro (RO-103) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del rotámetro fue tomada por el equipo del CEPIIS.

4.3.2.i.iv. Rotámetro (RO-104).

Figura 282.

Foto del rotámetro (RO-104) del tren de evaporadores.



Nota. La foto del rotámetro fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Los rotámetros RO-101, RO-102, RO-103 y RO-104 no presentan daños estructurales. Permanecían bien cubiertos por lo cual no se vieron afectados por la oxidación ni el ingreso de agua. El tablero en el que reposan no presenta abolladuras, golpes, rayones ni oxidación.

4.3.2.j. Tablero de control.

Figura 283.

Foto del tablero de control del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tablero de control fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 284.

Foto del tablero de control por dentro del tren de evaporadores.



Nota. La foto del tablero de control fue tomada por el equipo del CEPIIS.

El tablero de control se encuentra en buen estado. La estructura por fuera presenta sus botones en buen estado, la pantalla se percibe sin golpes ni rayones, la palanca que permite el acceso a los contactores funciona bien. El interior del tablero NO presenta dificultades, no se perciben cables sueltos, rotos o cortados. El interior del tablero se encuentra seco, sin indicios de oxidación, polvo o golpes. Las partes plásticas se encuentran en buen estado.

4.3.2.k. Estructura.

Figura 285.

Foto la estructura del tren de evaporadores.



Nota. La foto de la estructura fue tomada por el equipo del CEPIIS.

Figura 286.

Foto daño en la estructura del tren de evaporadores.



Nota. La foto de los daños en la estructura fue tomada por el equipo del CEPIIS.

La estructura del tren de evaporadores presenta daños en sus vértices, las canaletas que recubren el cableado de la unidad están expuestas en varias partes del perímetro de la base de la unidad, esto se debe a que algunos tornillos no están presentes para ajustar las partes a la estructura, las canaletas que recubren la superficie no están presentes en todos los tramos. La base de la estructura presenta humedecimiento por agua sucia y esto ha generado oxidación en algunas partes de la superficie. El cableado de la superficie está desordenado, suelto y a la intemperie.

4.3.3. *Carta Reporte de Daños*

A partir de la información adquirida en el diagnóstico estructural, se hizo un reporte a los ingenieros Juan Camilo Cely Garzón e Iván Ramírez Marín que son los encargados de la planta del CEPIIS, en este reporte incluye todos, los daños, oxidación y objetos perdidos que se hayan determinado en el diagnóstico estructural de las secciones 3.3.1 y 3.3.2.

Esta información se suministro mediante una carta, la cual fue publicada en los anexos de este trabajo y enviada a los ingenieros encargados, para dar pronta respuesta y solución a todas las problemáticas halladas en el diagnóstico hecho.

Figura 287.

Captura de la carta enviada a los ingenieros encargados de la planta del CEPIIS.

Bogotá 4 de diciembre del 2022

Señores

Ingenieros

Iván Ramírez Marín

Juan Camilo Cely Garzón

Comité

Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS)

Fundación Universidad de América

Nosotros, Natalia Sanabria Alba, estudiante de décimo semestre de ingeniería química con código No 6111696 y Nicolás Ramírez Rivera, estudiante de décimo semestre de ingeniería química con código No 6181360, en calidad de estudiantes activos de la Universidad de América e integrantes de la pasantía desarrollada en el segundo semestre del 2022 en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) con el proyecto de tesis: DISEÑO DEL PLAN DE VALIDACIÓN DE LOS EQUIPOS PILOTO EN LA ZONA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y ADECUACIÓN (CETA) DEL CENTRO DE PROCESOS E INNOVACIÓN PARA LA INDUSTRIA SOSTENIBLE (CEPIIS) DE LA FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, nos dirigimos a ustedes para poner en evidencia los resultados de nuestra investigación concernientes al diagnóstico estructural de las unidades: BANCO DE REACTORES y TREN DE EVAPORADORES que pueden ser relevantes para el avance y desarrollo adecuado del proyecto de planta piloto CEPIIS, específicamente para la zona denominada: Centro de Transformación y Adecuación (CETA).

Nota. Carta elaborada por nosotros para suministrar la información hallada en el diagnóstico.

Para ver la carta completa.

<https://drive.google.com/file/d/140fXdCQVFiz-TaLwYUp0SRmVCJZxxGEC/view?usp=sharing>

5. VERIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN MEDIANTE UNA SIMULACIÓN A NIVEL DE INGENIERIA CONCEPTUAL

5.1. Variables para considerar en puesta en marcha y operación de las unidades

Para hacer una puesta en marcha segura, es relevante conocer las variables de manipulación, es decir, aquellas en las que el operador va a influir directamente alterándolas de acuerdo con la necesidad de su proceso y las de respuesta, que son aquellas obtenidas como consecuencia de las decisiones previas en el proceso que presenta cada uno de los equipos de las unidades. Las variables principales en la zona CETA de acuerdo con sus equipos son: temperatura, presión, nivel, flujo y concentración.

Se hizo una comparación de todas las variables de manipulación y respuesta que presenta cada uno de los equipos de las unidades. Las variables principales de estas son:

- Temperatura.
- Presión.
- Nivel.
- Flujo.
- Concentración.

Esto para identificar las variables de operación que se pueden llegar a presentar y tenerlas en cuenta al momento de la puesta en marcha, ya que así se corroborara si el equipo está funcionando en óptimas condiciones.

Se tuvieron en cuenta las especificaciones de cada equipo, en el caso de las unidades en el CETA las principales especificaciones son:

- Agitación.
- Tipo de reactor.
- Tipo de evaporador.

- Tipo de intercambiador de calor.
- Tipo de bomba.
- Material de fabricación.
- Chaqueta térmica.
- Recirculación.
- Tipo de sustancia.
- Fase de las sustancias.
- Tipo de reacción.
- Volatilidades.
- Catalizador.
- Tipo de operación (Adiabática, Isotérmica, Isobárica).

5.1.1. Banco de Reactores

Figura 288.

VARIABLES DE MANIPULACIÓN Y RESPUESTA PARA CADA EQUIPO EN EL BANCO DE REACTORES (PARTE 1).

Equipo	VARIABLES DE MANIPULACIÓN	VARIABLES DE RESPUESTA
R-101	Flujo de entrada reactivo 1 Flujo de entrada reactivo 2 Flujo de entrada de agua de refrigeración Flujo de entrada de aceite térmico Velocidad de agitación de la mezcla Composición de reactivo 1 Composición de reactivo 2 Temperatura de entrada de reactivos Temperatura de entrada de aceite térmico Temperatura en el reactor Presión de entrada	Flujo de salida de producto Temperatura de salida de producto Temperatura de salida de aceite térmico Temperatura de salida de agua de refrigeración Presión de salida del producto Conversión del reactivo limite Nivel en el reactor Presión en el reactor
R-102	Flujo de entrada de producto en R-101 Flujo de entrada de agua de refrigeración Flujo de entrada de aceite térmico Velocidad de agitación de la mezcla Temperatura de entrada de producto en R-101 Temperatura de entrada de aceite térmico Temperatura en el reactor Presión de entrada	Flujo de salida de producto Temperatura de salida de producto Temperatura de salida de aceite térmico Temperatura de salida de agua de refrigeración Presión de salida del producto Conversión del reactivo limite Nivel en el reactor Presión en el reactor
R-103	Flujo de entrada de producto en R-102 Flujo de entrada reactivo 1 Flujo de entrada reactivo 2 Flujo de entrada de agua de refrigeración Flujo de entrada de aceite térmico Velocidad de agitación de la mezcla Composición de reactivo 1 Composición de reactivo 2 Temperatura de entrada de reactivos Temperatura de entrada de producto en R-102 Temperatura de entrada de aceite térmico Temperatura en el reactor Presión de entrada	Flujo de salida de producto Temperatura de salida de producto Temperatura de salida de aceite térmico Temperatura de salida de agua de refrigeración Presión de salida del producto Conversión del reactivo limite Nivel en el reactor Presión en el reactor

Nota: Tabla de elaboración propia teniendo en cuenta la información del diagrama PFD del banco de reactores proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.)

Figura 289.

VARIABLES DE MANIPULACIÓN Y RESPUESTA PARA CADA EQUIPO EN EL BANCO DE REACTORES (PARTE 2).

Equipo	VARIABLES DE MANIPULACIÓN	VARIABLES DE RESPUESTA
R-104	Flujo de entrada reactivo 1 Flujo de entrada reactivo 2 Flujo de entrada de agua de refrigeración Flujo de entrada de aceite térmico Velocidad de agitación de la mezcla Composición de reactivo 1 Composición de reactivo 2 Temperatura de entrada de reactivos Temperatura de entrada de aceite térmico Temperatura en el reactor Presión de entrada	Flujo de salida de producto Temperatura de salida de producto Temperatura de salida de aceite térmico Temperatura de salida de agua de refrigeración Presión de salida del producto Conversión del reactivo límite Nivel en el reactor Presión en el reactor
R-105	Flujo de entrada de mezcla de reactivos Flujo de entrada de aceite térmico Composición de reactivo 1 Composición de reactivo 2 Temperatura de entrada de mezcla Temperatura de entrada de aceite térmico Temperatura en el reactor Presión de entrada	Flujo de salida de producto Temperatura de salida de producto Temperatura de salida de aceite térmico Presión de salida del producto Conversión del reactivo límite Presión en el reactor
R-106	Flujo de entrada de producto en R-105 Flujo de entrada de aceite térmico Temperatura de entrada de producto en R-105 Temperatura de entrada de aceite térmico Temperatura en el reactor Presión de entrada	Flujo de salida de producto Temperatura de salida de producto Temperatura de salida de aceite térmico Presión de salida del producto Conversión del reactivo límite Presión en el reactor
R-107	Flujo de entrada de producto en R-106 Flujo de entrada de aceite térmico Temperatura de entrada de producto en R-106 Temperatura de entrada de aceite térmico Temperatura en el reactor Presión de entrada	Flujo de salida de producto Temperatura de salida de producto Temperatura de salida de aceite térmico Presión de salida del producto Conversión del reactivo límite Presión en el reactor
R-108	Flujo de entrada de mezcla de reactivos Flujo de entrada de aceite térmico Composición de reactivo 1 Composición de reactivo 2 Temperatura de entrada de mezcla Temperatura de entrada de aceite térmico Temperatura en el reactor Presión de entrada	Flujo de salida de producto Temperatura de salida de producto Temperatura de salida de aceite térmico Presión de salida del producto Conversión del reactivo límite Presión en el reactor

Nota: Tabla de elaboración propia teniendo en cuenta la información del diagrama PFD del banco de reactores proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.)

Figura 290.

Variables de manipulación y respuesta para cada equipo en el banco de reactores (Parte 3).

Equipo	Variables de manipulación	Variables de respuesta
R-109	Flujo de entrada de mezcla de reactivos Flujo de entrada de aceite térmico Composición de reactivo 1 Composición de reactivo 2 Temperatura de entrada de mezcla Temperatura de entrada de aceite térmico Temperatura en el reactor Presión de entrada Concentración de catalizador	Flujo de salida de producto Temperatura de salida de producto Temperatura de salida de aceite térmico Presión de salida del producto Conversión del reactivo limite Presión en el reactor
TK-101	Flujo de recirculación Flujo de salida de reactivo 1 Nivel en el tanque	Temperatura en el tanque Presión en el tanque
TK-102	Flujo de recirculación Flujo de salida de reactivo 2 Nivel en el tanque	Temperatura en el tanque Presión en el tanque
TK-103	Flujo de entrada de producto Flujo de salida de producto Nivel en el tanque	Temperatura en el tanque Presión en el tanque
TK-104	Flujo de entrada de producto Flujo de salida de producto Nivel en el tanque	Temperatura en el tanque Presión en el tanque
TK-105	Flujo de recirculación Flujo de salida de aceite térmico Temperatura de salida del aceite térmico Nivel en el tanque	Temperatura en el tanque Temperatura de entrada del aceite térmico Presión en el tanque
TK-106	Flujo de recirculación Flujo de salida de aceite térmico Temperatura de salida del aceite térmico Nivel en el tanque	Temperatura en el tanque Temperatura de entrada del aceite térmico Presión en el tanque
E-101	Flujo de entrada de reactivo 1 Flujo de entrada de aceite térmico Flujo de salida de reactivo 1 Flujo de salida de aceite térmico Temperatura de entrada del aceite térmico Temperatura de salida del reactivo 1	Temperatura de salida del aceite térmico

Nota: Tabla de elaboración propia teniendo en cuenta la información del diagrama PFD del banco de reactores proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.)

Figura 291.

VARIABLES DE MANIPULACIÓN Y RESPUESTA PARA CADA EQUIPO EN EL BANCO DE REACTORES (PARTE 4).

Equipo	VARIABLES DE MANIPULACIÓN	VARIABLES DE RESPUESTA
E-102	Flujo de entrada de reactivo 2 Flujo de entrada de aceite térmico Flujo de salida de reactivo 2 Flujo de salida de aceite térmico Temperatura de entrada del aceite térmico Temperatura de salida del reactivo 2	Temperatura de salida del aceite térmico
E-103	Flujo de entrada de producto Flujo de entrada de agua Flujo de salida de producto Flujo de salida de agua	Temperatura de salida del agua Temperatura de salida del producto
E-104	Flujo de entrada de producto Flujo de entrada de agua Flujo de salida de producto Flujo de salida de agua	Temperatura de salida del agua Temperatura de salida del producto
P-101	Flujo de salida del reactivo 1 Presión de salida del reactivo 1	Trabajo de la bomba
P-102	Flujo de salida del reactivo 2 Presión de salida del reactivo 2	Trabajo de la bomba
P-103	Flujo de salida de aceite térmico Presión de salida de aceite térmico	Trabajo de la bomba
P-104	Flujo de salida de aceite térmico Presión de salida de aceite térmico	Trabajo de la bomba
S-101	Flujo de entrada de reactivo 1 Flujo de salida de reactivo 1 a R-101 Flujo de salida de reactivo 1 a R-103 Flujo de salida de reactivo 1 a R-104	Fracción de separación
S-102	Flujo de entrada de reactivo 1 Flujo de salida de reactivo 1 a R-105 Flujo de salida de reactivo 1 a R-108 Flujo de salida de reactivo 1 a R-109	Fracción de separación
S-103	Flujo de entrada de reactivo 2 Flujo de salida de reactivo 2 a R-101 Flujo de salida de reactivo 2 a R-103 Flujo de salida de reactivo 2 a R-104	Fracción de separación
S-104	Flujo de entrada de reactivo 2 Flujo de salida de reactivo 2 a R-105 Flujo de salida de reactivo 2 a R-108 Flujo de salida de reactivo 2 a R-109	Fracción de separación

Nota: Tabla de elaboración propia teniendo en cuenta la información del diagrama PFD del banco de reactores proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.)

Figura 292.

VARIABLES DE MANIPULACIÓN Y RESPUESTA PARA CADA EQUIPO EN EL BANCO DE REACTORES (PARTE 5).

Equipo	Variables de manipulación	Variables de respuesta
S-105	Flujo de entrada de aceite térmico Flujo de salida de aceite térmico a R-101 Flujo de salida de aceite térmico a R-102 Flujo de salida de aceite térmico a R-103 Flujo de salida de aceite térmico a R-104 Flujo de salida de aceite térmico a S-106	Fracción de separación
S-106	Flujo de entrada de aceite térmico Flujo de salida de aceite térmico a R-105 Flujo de salida de aceite térmico a R-106 Flujo de salida de aceite térmico a R-107 Flujo de salida de aceite térmico a R-108 Flujo de salida de aceite térmico a R-109	Fracción de separación
S-107	Flujo de entrada de agua Flujo de salida de agua a R-101 Flujo de salida de agua a R-102 Flujo de salida de agua a R-103 Flujo de salida de agua a R-104 Flujo de salida de agua a E-103 Flujo de salida de agua a E-104	Fracción de separación

Nota: Tabla de elaboración propia teniendo en cuenta la información del diagrama PFD del banco de reactores proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.)

5.1.2. Tren de Evaporadores

Figura 293.

VARIABLES DE MANIPULACIÓN Y RESPUESTA PARA CADA EQUIPO EN EL TREN DE EVAPORADORES (PARTE 1).

Equipo	Variables de manipulación	Variables de respuesta
E-101	Flujo de entrada del alimento Flujo de entrada del vapor vivo Temperatura de entrada del vapor vivo Presión de entrada del vapor vivo Presión de entrada del alimento Temperatura en el evaporador	Flujo de salida de producto líquido Flujo de salida de producto gaseoso Flujo de salida de vapor condensado Presión en el evaporador Composición de agua en fondos Calor transferido Nivel en el evaporador
E-102	Flujo de entrada del alimento Flujo de entrada del vapor vivo Temperatura de entrada del vapor vivo Presión de entrada del vapor vivo Presión de entrada del alimento Temperatura en el evaporador	Flujo de salida de producto líquido Flujo de salida de producto gaseoso Flujo de salida de vapor condensado Presión en el evaporador Composición de agua en fondos Calor transferido Nivel en el evaporador
E-103	Flujo de entrada del alimento Flujo de entrada del vapor vivo Flujo de entrada del vapor en E-104 Temperatura de entrada del vapor vivo Presión de entrada del vapor vivo Presión de entrada del alimento Temperatura en el evaporador	Flujo de salida de producto líquido Flujo de salida de producto gaseoso Flujo de salida de vapor condensado Presión en el evaporador Composición de agua en fondos Calor transferido Nivel en el evaporador
E-104	Flujo de entrada de vapor vivo Flujo de entrada de producto líquido Flujo de salida de vapor vivo Flujo de salida de producto líquido Temperatura de entrada del vapor vivo Temperatura de salida del producto líquido Presión de entrada de vapor vivo	Calor transferido Temperatura de salida del vapor condensado
E-105	Flujo de entrada de vapor Flujo de entrada de agua de utilidad Flujo de salida de vapor Flujo de salida de agua de utilidad Temperatura de salida del vapor condensado Presión de entrada de vapor	Calor transferido Temperatura de salida del vapor condensado Temperatura de salida del agua
TK-101	Flujo de recirculación Flujo de salida del alimento Temperatura en el tanque Peso en el tanque Nivel en el tanque	Presión en el tanque

Nota: Tabla de elaboración propia teniendo en cuenta la información del diagrama PFD del tren de evaporadores proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.)

Figura 294.

Variables de manipulación y respuesta para cada equipo en el tren de evaporadores (Parte 2).

Equipo	Variables de manipulación	Variables de respuesta
TK-102	Flujo de entrada de condensado Flujo de salida de condensado Peso en el tanque Nivel en el tanque	Presión en el tanque Temperatura en el tanque
TK-103	Flujo de entrada de condensado Flujo de salida de condensado Peso en el tanque Nivel en el tanque	Presión en el tanque Temperatura en el tanque
TK-104	Flujo de entrada de condensado Flujo de salida de condensado Peso en el tanque Nivel en el tanque	Presión en el tanque Temperatura en el tanque
TK-105	Flujo de entrada de condensado Flujo de salida de condensado Peso en el tanque Nivel en el tanque	Presión en el tanque Temperatura en el tanque
TK-106	Flujo de entrada de producto líquido Flujo de salida de producto líquido Peso en el tanque Nivel en el tanque	Presión en el tanque Temperatura en el tanque
TK-107	Flujo de entrada de producto gaseoso Flujo de salida de producto gaseoso Flujo de salida de aire Peso en el tanque Nivel en el tanque	Presión en el tanque Temperatura en el tanque
P-101	Flujo de salida del alimento Presión de salida del alimento	Trabajo de la bomba
P-102	Flujo de salida del producto líquido Presión de salida del producto líquido	Trabajo de la bomba
P-103	Flujo de salida del producto líquido Presión de salida del producto líquido	Trabajo de la bomba
P-104	Flujo de salida del producto líquido Presión de salida del producto líquido	Trabajo de la bomba
P-105	Flujo de entrada de aire Presión de entrada de aire	Trabajo de la bomba

Nota: Tabla de elaboración propia teniendo en cuenta la información del diagrama PFD del tren de evaporadores proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.)

Figura 295.

VARIABLES DE MANIPULACIÓN Y RESPUESTA PARA CADA EQUIPO EN EL TREN DE EVAPORADORES (PARTE 3).

Equipo	VARIABLES DE MANIPULACIÓN	VARIABLES DE RESPUESTA
S-101	Flujo de entrada de alimento Flujo de salida de alimento a E-101 Flujo de salida de alimento a E-102 Flujo de salida de alimento a E-103 Flujo de salida de alimento a E-104	Fracción de separación
S-102	Flujo de entrada de producto líquido Flujo de salida de producto líquido a E-102 Flujo de salida de producto líquido a TK-106	Fracción de separación
S-103	Flujo de entrada de producto líquido Flujo de salida de producto líquido a E-101 Flujo de salida de producto líquido a E-103 Flujo de salida de producto líquido a TK-106	Fracción de separación
S-104	Flujo de entrada de producto líquido Flujo de salida de producto líquido a E-101 Flujo de salida de producto líquido a E-102 Flujo de salida de producto líquido a E-104 Flujo de salida de producto líquido a TK-106	Fracción de separación
S-105	Flujo de entrada de vapor vivo Flujo de salida de vapor vivo a E-101 Flujo de salida de vapor vivo a E-102 Flujo de salida de vapor vivo a E-103 Flujo de salida de vapor vivo a E-104	Fracción de separación

Nota: Tabla de elaboración propia teniendo en cuenta la información del diagrama PFD del tren de evaporadores proporcionado por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.)

5.2. Simulación de los procesos

La simulación de las dos unidades será desarrollada utilizando la tecnología de Aspen Tech, que es un proveedor de software y servicios para las industrias de procesos. Para este caso en específico utilizaremos uno de sus programas llamado Aspen Plus, este es el simulador de procesos químicos líder en el mercado (o al menos en el mundo de la ingeniería química). Es un software que le permitirá al usuario construir un modelo de proceso y luego simularlo usando cálculos complejos (modelos, ecuaciones, cálculos matemáticos, regresiones, etc.) [50]

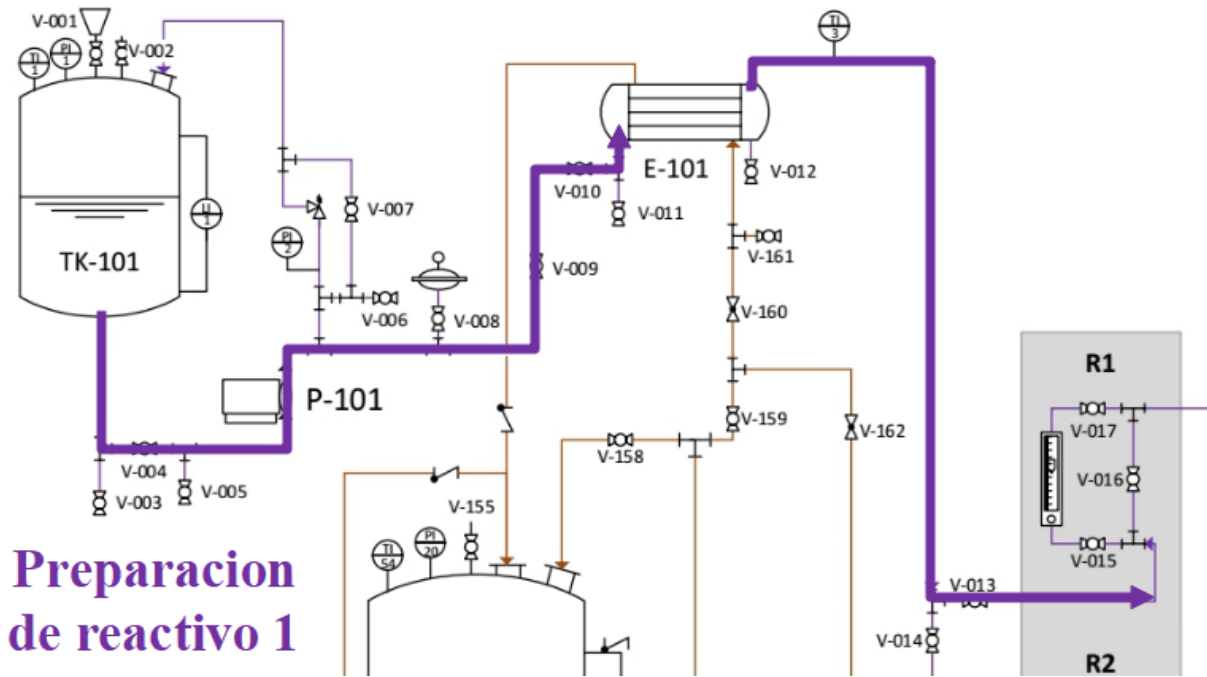
5.2.1. Banco de Reactores

A continuación veremos el seguimiento del proceso dentro del banco de reactores, explicado de forma esquemática y didáctica para su mayor comprensión, esto para posteriormente ser llevado a la simulación.

Comienzo del proceso en la operación de los reactores CSTR (Preparación de reactivos)

Figura 296.

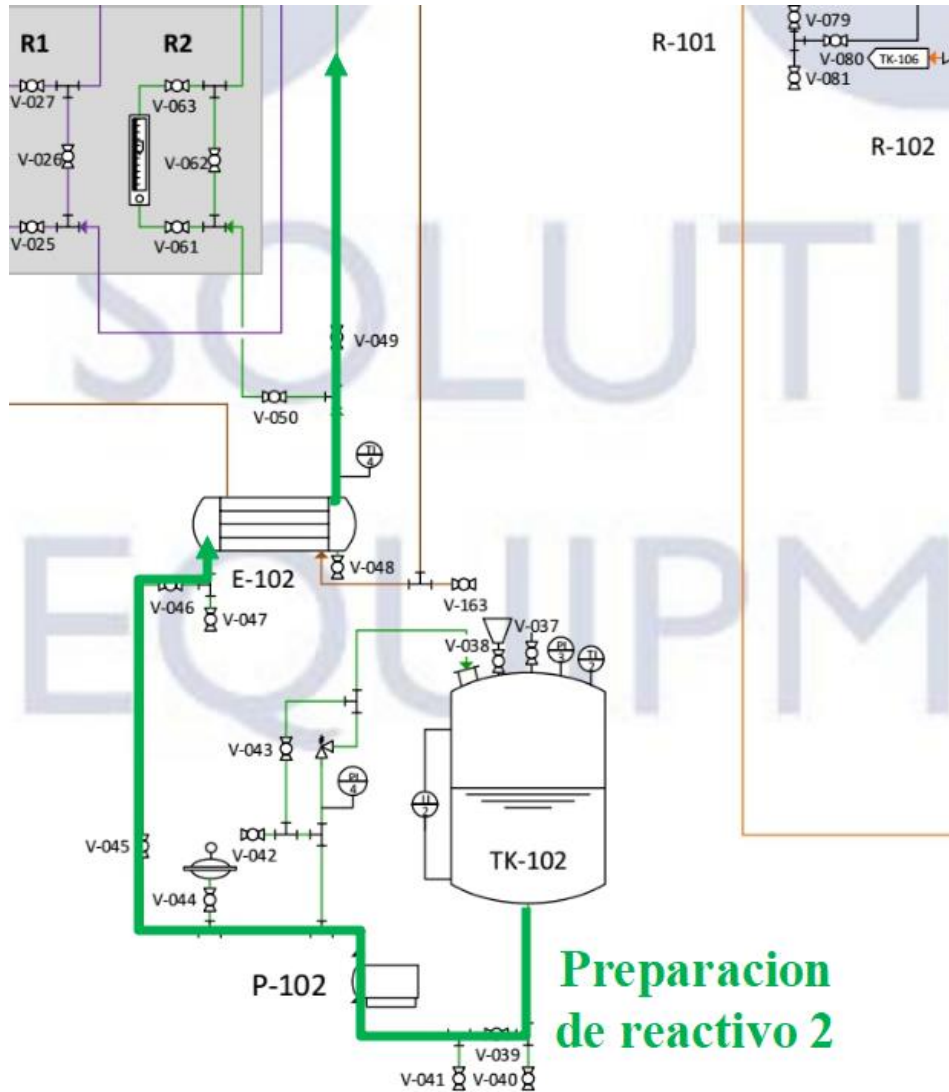
Esquema del comienzo del proceso, preparación del reactivo 1.



Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39]

Figura 297.

Esquema del comienzo del proceso, preparación del reactivo 2.

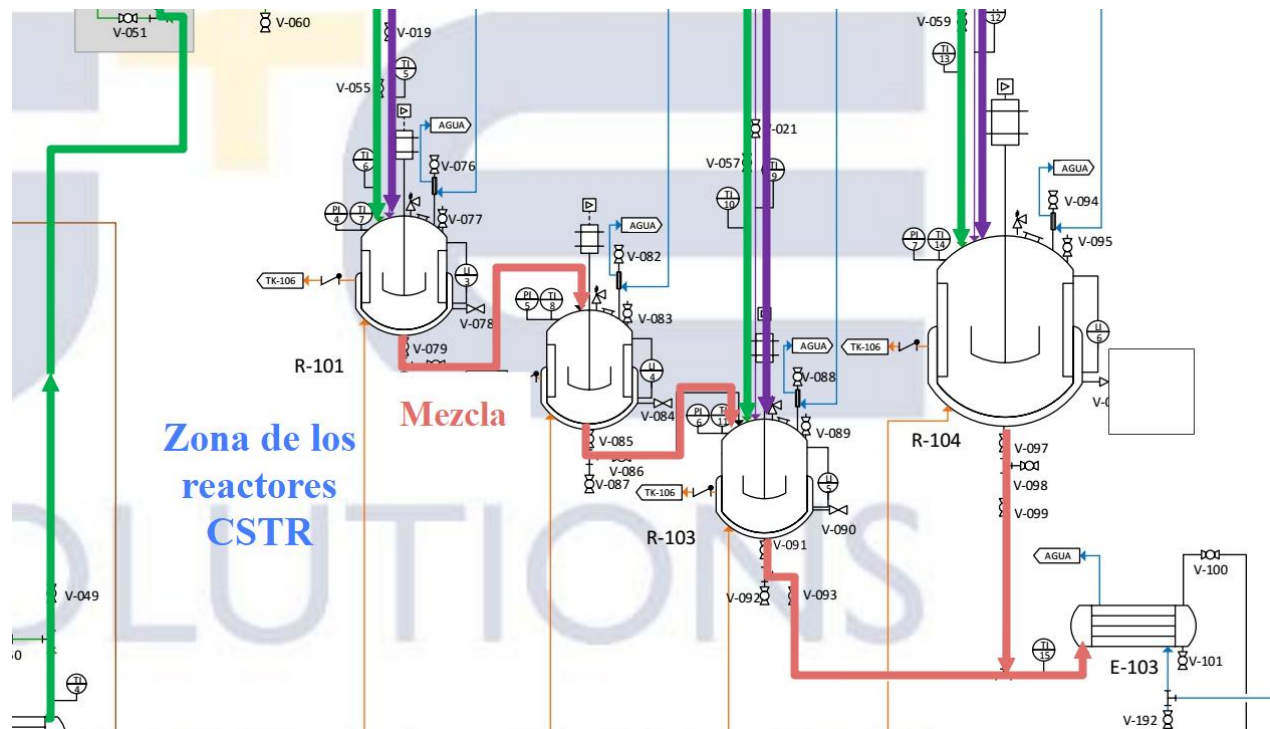


Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39]

Operación en los reactores CSTR

Figura 298.

Esquema de la operación en los reactores CSTR.

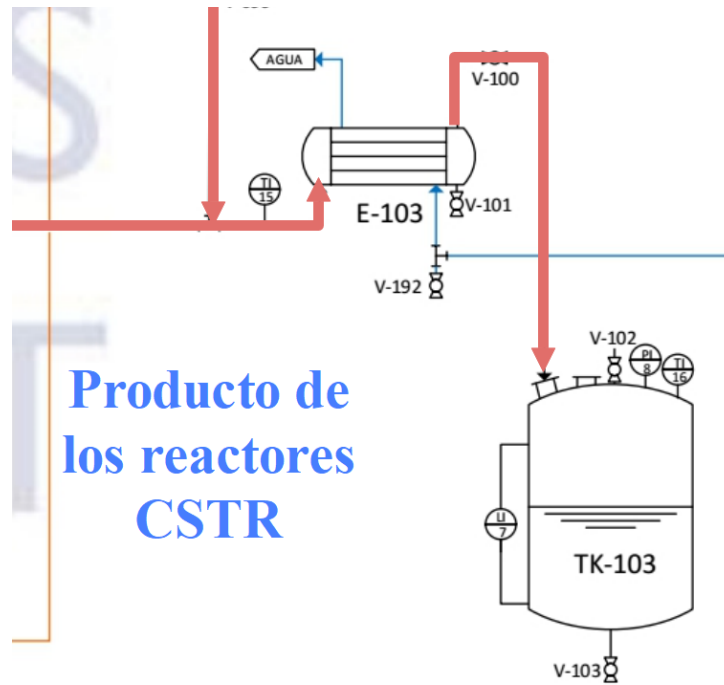


Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39]

Producto de los reactores CSTR

Figura 299.

Esquema del producto de los reactores CSTR.

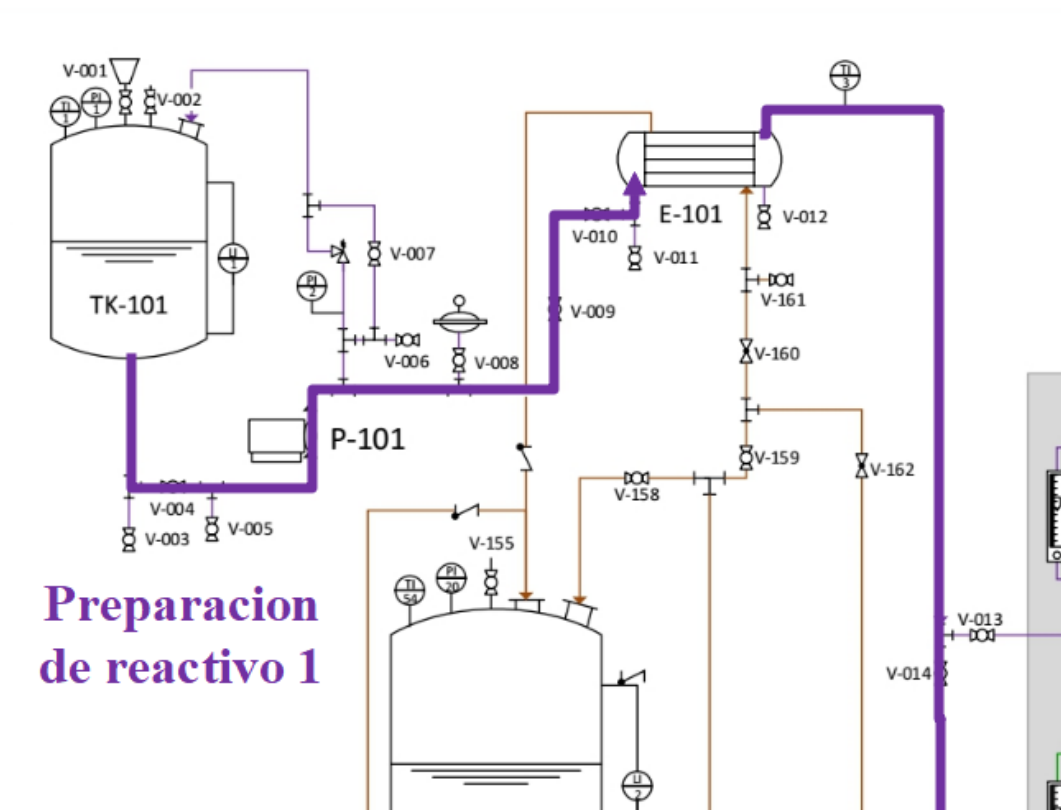


Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39]

Comienzo del proceso en la operación de los reactores PFR y PBR (Preparación de reactivos)

Figura 300.

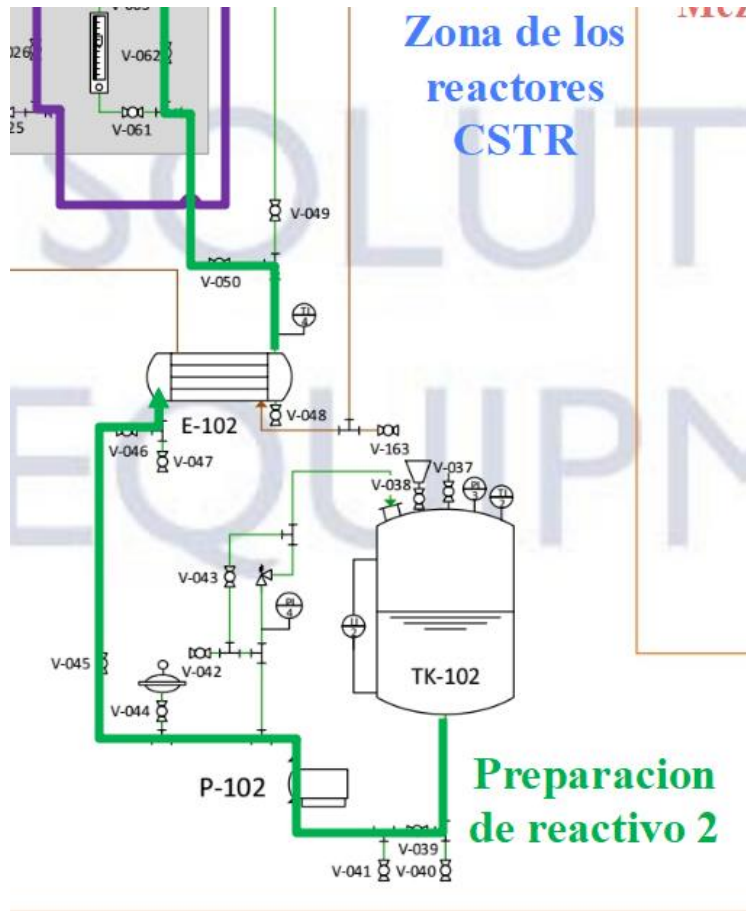
Esquema del comienzo del proceso, preparación del reactivo 1.



Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39]

Figura 301.

Esquema del comienzo del proceso, preparación del reactivo 2.

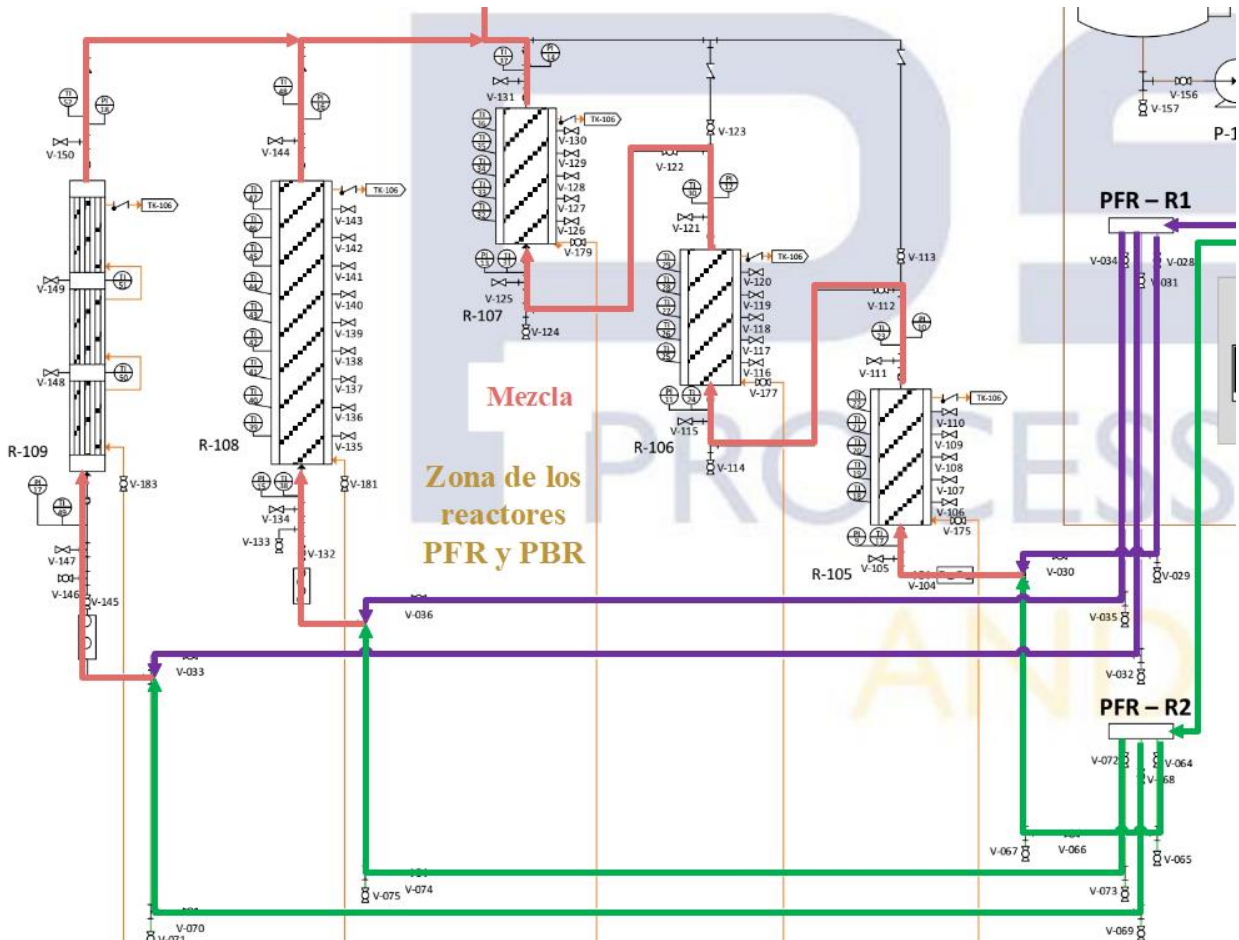


Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39]

Operación en los reactores PFR y PBR

Figura 302.

Esquema de la operación en los reactores PFR y PBR.

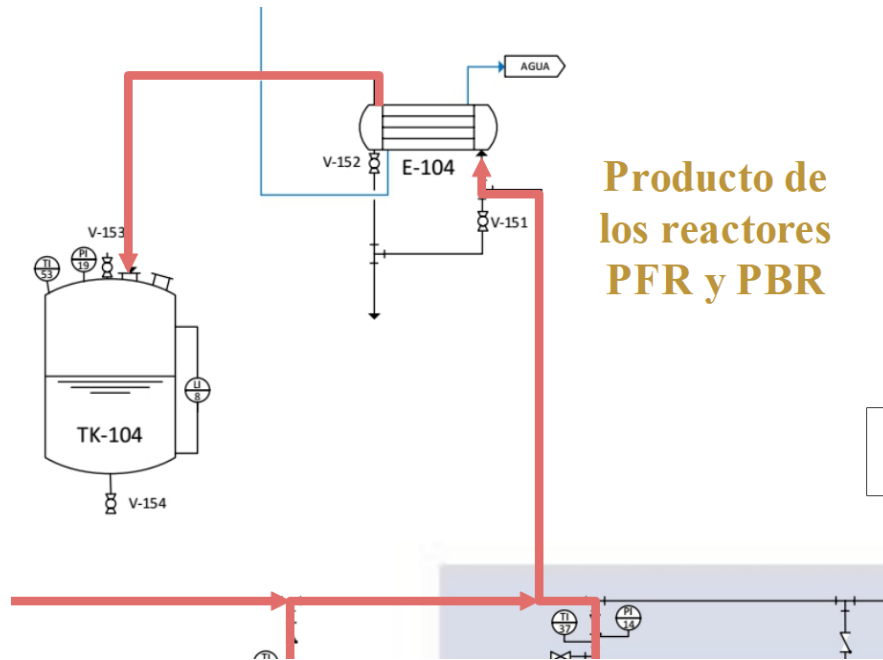


Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39]

Producto de los reactores PFR y PBR

Figura 303.

Esquema del producto de los reactores PFR y PBR.



Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39]

5.2.1.a. Reacción a utilizar en la simulación.

Para determinar la reacción a utilizar en el banco de reactores, se tuvo en cuenta los criterios de operación y fabricación. La reacción debe funcionar a temperatura ambiente, ya que el reactor se diseñó para alcanzar una temperatura máxima de 150°C. Se tuvo en cuenta las sustancias que no representan ninguna deficiencia en los materiales con los que fue construida la unidad.

Debido a que se desconoce el protocolo para reacciones gaseosas en el banco de reactores, se limita a reacciones en fase líquida, además, por cuestiones de que son operaciones para docencia y aprendizaje, son más seguras de operar por manejar presiones bajas.

Sabiendo que los reactores funcionan como operación continua ya que son CSTR, PFR y PBR, se escogió la reacción de saponificación de acetato de etilo, ya que cumple con los criterios

establecidos y resulta ser bastante económica según la tabla # donde podemos ver las materias primas necesarias.

Tabla 124.

Precios de las materias primas involucradas en el proceso.

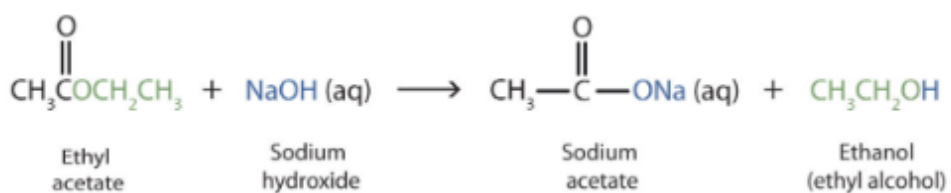
Materias primas en el proceso	Precio (COP)	Referencia
Acetato de etilo	19.000 \$/L	[#1]
Agua destilada	3.000 \$/L	[#2]
Hidróxido de sodio	17.300 \$/kg	[#3]

Nota: La tabla es de elaboración propia, guiándonos de los precios suministrados por la tienda en línea vadequímica #1-[51], #2-[52] y #3-[53]

La reacción de saponificación de acetato de etilo busca producir acetato de sodio que es producido en cantidades industriales. Es utilizado en la industria textil para neutralizar las corrientes residuales de ácido sulfúrico, y como fotorresistente cuando se usan colorantes de anilina. También se usa como agente de encurtido en el curtido con cromo, ayuda a retardar la vulcanización del cloropreno en la producción sintética de caucho, y es usado para dar sabor a las patatas fritas [54]

Figura 304.

Reacción de saponificación de acetato de etilo.



Ec. 3





Nota: La reacción fue tomada de [55]

Cuando se usa una base (como hidróxido de sodio [NaOH] o hidróxido de potasio [KOH]) para hidrolizar un éster, los productos son una sal de carboxilato y un alcohol, en este caso acetato de sodio y metanol, respectivamente. Debido a que los jabones se preparan mediante la hidrólisis alcalina de grasas y aceites, la hidrólisis alcalina de los ésteres se denomina saponificación (del

latín saponis, que significa "jabón", ficare, que significa "producir" y el sufijo "cion", que indica acción, "producir jabón"). [55]

Figura 305.

Indicaciones de seguridad para las sustancias involucradas en el proceso.

Sustancias involucradas en el proceso	Pictograma	Indicaciones de peligro	Referencia
Acetato de etilo		H225 Líquidos y vapores muy inflamables H319 Provoca irritación ocular grave. H336 Puede provocar somnolencia o vértigo.	[#1]
Agua destilada	Sin Pictogramas	Sustancia no peligrosa	[#2]
Hidróxido de sodio		H290 Puede ser corrosivo para los metales H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves	[#3]
Etanol		H225 Líquidos y vapores altamente inflamables. H319 Provoca irritación ocular seria.	[#4]
Acetato de sodio		H319 Provoca irritación ocular grave. H303 Toxicidad Aguda (Oral) - Categoría 5 – Puede ser nocivo para la salud.	[#5]

Nota: La tabla es de elaboración propia, guiándonos de la información suministrada por químicauniversal y reactivosmeyer #1-[56], #2-[57] #3-[58], #4-[59] y #5-[60]

En la tabla se muestran las indicaciones de peligro según el sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas (SGA), para las sustancias involucradas en el proceso. La normatividad para la seguridad industrial está regida por la Norma Técnica Colombiana 18001 (OHSAS), la cual ayuda a prevenir accidentes y enfermedades laborales mediante una serie de requisitos para implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional. [61]

5.2.1.b. Verificación de viabilidad de la reacción en el banco de reactores.

Teniendo en cuenta las sustancias involucradas y las tablas de la sección 2.5.4, se verificaron si estas eran viables para el proceso dentro del banco de reactores, ya que existe la posibilidad de encontrarnos con sustancias que puedan afectar el material y los empaques con los que está construida la unidad. En la tabla # encontraremos si estas sustancias cumplen los requisitos para ser utilizadas.

Para las tablas #, #, # es necesario conocer la siguiente nomenclatura: A: excelente compatibilidad, B: buena (mínima corrosión), C: aceptable (efecto moderado, no recomendado para uso continuo), D: efecto severo (no recomendado para ningún uso), N/A: información no disponible.

Tabla 125.

Tabla de viabilidad para el acetato de etilo y el acetato de sodio.

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Aceite de coco	A	A	D
Aceite de maíz	B	A	C
Aceite de motor	A	A	D
Aceite de oliva	B	A	D
Aceite de palma	A	A	A
Aceite hidráulico (petro)	A	A	D
Aceite hidráulico (sintético)	A	A	D
Aceite mineral	A	A	D
Aceites combustibles	A	B	D
Acetaldehído	N/A	A	A
Acetato de amilo	A	A	A
Acetato de isoamilo	A	N/A	B
Acetato de isobutilo	A	N/A	C
Acetato de isopropilo	C	A	B
Acetato de etilo	B	A	B
Acetato de metilo	A	A	C
Acetato de sodio	B	A	A
Acetato de vinilo	B	A	B
Acetileno	A	A	A

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39].

En la tabla # se nos muestra que el acetato de etilo y el acetato de sodio no representan ningún riesgo para los materiales, en el caso del acero SS 304, existe una mínima corrosión pero esto a nivel operacional no se considera como riesgo potencial. Con el teflón que aporta la anti-adherencia poseen una excelente compatibilidad, y para el caucho aislante EPDM se ve que el acetato de etilo puede presentar una ligera corrosión a diferencia del acetato de sodio que es compatible con este.

Tabla 126.

Tabla de viabilidad para el agua destilada.

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Ácido sulfúrico 95%	A	A	C
Ácido sulfúrico 75%	C	A	C
Ácido sulfúrico 60%	D	A	C
Ácido sulfúrico 50%	D	A	B
Ácido sulfúrico 25%	B	A	B
Ácido sulfúrico 10%	A	A	A
Ácido sulfúrico <10%	D	A	A
Ácido sulfúrico concentrado (frio)	C	A	C
Ácido sulfúrico concentrado (caliente)	D	A	D
Ácido úrico	B	A	N/A
Ácidos grasos	B	A	D
Agua carbonatada	A	N/A	N/A
Agua de mar	C	A	A
Agua desionizada	A	A	A
Agua destilada	A	A	A
Agua Regia (80% HCl, 20% HNO ₃)	D	A	C
Alcohol amílico	A	A	A
Alcohol bencílico	B	A	B
Alcohol isobutílico	A	A	A

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39].

En la tabla # se nos muestra que el agua destilada no representa ningún riesgo para los materiales, tiene una excelente compatibilidad, esto es importante ya que para esta reacción donde las sustancias están diluidas, el agua es el que se presenta en una mayor cantidad en el proceso.

Tabla 127.

Tabla de viabilidad para el etanol y el hidróxido de sodio <50%.

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Dioxano	A	D	A
Estireno	A	A	D
Etanol	A	A	A
Etanolamina	A	A	B
Éter butílico	B	A	D
Éter de isopropilo	A	A	D
Éter de petróleo	A	D	A
Éter etílico	B	A	D
Éter metílico	N/A	A	A
Etilenglicol	B	A	A
Fenol	B	A	N/A
Formaldehído 100%	B	A	A
Formaldehído 40%	A	A	A
Furfural	A	A	D
Gasolina	A	A	D
Gelatina	A	A	A
Glicerol	A	A	A
Glucosa (jarabe de maíz)	A	A	A
Heptano	A	A	D
Hexano	A	A	D
Hidroquinona	B	A	D
Hidro sulfito de sodio	N/A	A	B
Hidróxido de calcio	B	A	A
Hidróxido de calcio 10% (en ebullición)	A	N/A	A
Hidróxido de magnesio	B	A	A
Hidróxido de potasio	B	A	A
Hipoclorito de sodio <20%	C	A	B
Hidróxido de sodio 20%	B	A	B
Hidróxido de sodio 50%	B	A	B
Hidróxido de sodio 80%	D	A	B
Hipoclorito de sodio 100%	D	A	B

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39].

En la tabla # se nos muestra que el etanol y el hidróxido de sodio con concentraciones menores al 50% no representan ningún riesgo para los materiales, en el caso del acero SS 304, el etanol es compatible pero con el hidróxido de sodio diluido existe una mínima corrosión pero esto a nivel operacional no se considera como riesgo potencial. Con el teflón que aporta la anti-adherencia poseen una excelente compatibilidad, y para el caucho aislante EPDM se ve que el hidróxido de sodio diluido puede presentar una ligera corrosión a diferencia del etanol que es compatible con este.

5.2.1.c. Parámetros cinéticos de la reacción.

En el simulador Aspen Plus, es necesario utilizar la cinética de la reacción, donde se nos pide la constante de velocidad de reacción que viene dada por la ecuación de Arrhenius:

$$k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}} \quad \text{Ec. 4}$$

Nota: La ecuación de la constante de velocidad fue sacada de FOGLER, H. Scott. Op., cit. p. 550

Donde k_0 es el factor de frecuencia (L/mol*s), E es la energía de activación (kJ/kmol), R es la constante de los gases ideales (8.3145 kJ/kmol K), y T es la temperatura (K). Los parámetros de energía de activación (E) y el factor de frecuencia (k_0) se determinan experimentalmente.

- $k_0 = 3,28 \cdot 10^6 \text{ L/mol}\cdot\text{s}$
- $E = 45500 \text{ kJ/kmol}$

Nota: Parámetros experimentales obtenidos de FOGLER, H. Scott. Elementos de ingeniería de las reacciones químicas, 2008.

5.2.1.d. Catalizador en el reactor PBR.

El catalizador heterogéneo que se utilizara en el reactor de lecho empacado es un catalizador de resina llamado Amberlyst-15, el cual ayuda a mejorar las reacciones de saponificación, este permite manipularse y eliminarse fácilmente mediante una filtración, lo que permite reutilizar el ácido acético que no reacciona. [62]

Tabla 128.

Características del catalizador de resina Amberlyst-15.

Nombre	Estireno - divinilbenceno
Tipo	Acido fuerte
Estructura	Macro reticular
Grupo funcional	Sulfónico (SO ₃ H)
Forma iónica	Hidrogeno
Grado de reticulación	20%
Tamaño de partícula	0,35 - 1,2 mm
Porosidad interna	0,36
Concentración de sitios ácidos	4,53 de resina seca
Densidad aparente	600 kg/m ³
Densidad del polímero	14010 kg/m ³

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando la información suministrada por [62]

5.2.1.e. Condiciones de las corrientes de entrada.

Teniendo en cuenta que la planta está ubicada en Bogotá, Colombia, las sustancias entraran a la temperatura y presión ambientes de esta zona. Los flujos de cada corriente son de 10 L/h debido a la capacidad de los reactores, y las concentraciones del hidróxido de sodio y el acetato de etilo están dadas por la experimentación en el estudio de ACOSTA, Jair y PEREZ, Rolando. Estudio experimental y simulación de la saponificación del acetato de etilo en tres reactores CSTR en serie, 2012. [63]

Tabla 129.

Condiciones de las corrientes de alimentación a cada reactor.

Parámetro	Alimentación a los Reactores
T (°C)	16
P (atm)	0,74
Caudal (L/h)	20
C _{acetato de etilo} (mol/L)	0,07
C _{hidróxido de sodio} (mol/L)	0,007

Nota: Datos de las concentraciones usadas obtenidas de [63]

Tabla 130.

Condiciones de las corrientes de alimentación al banco de reactores.

Parámetro	Corriente reactivo 1	Corriente reactivo 2
T (°C)	16	16
P (atm)	2	2
Caudal (L/h)	10	10
C _{acetato de etilo} (mol/L)	0,14	0
C _{hidróxido de sodio} (mol/L)	0	0,014

Nota: Datos de temperatura y presión obtenidos de [64], y datos de las concentraciones usadas obtenidas de [63]

5.2.1.f. Simulación.

Para empezar, se debe especificar el tipo de aplicación que se llevara a cabo, para la reacción de saponificación de acetato de etilo, corresponde a una reacción en fase líquida, según la guía de ayuda de Aspen Technology [65] tenemos tres opciones para este sistema, NRTL, WILSON y UNIQUAC, de estos métodos se utilizó el de “NRTL” debido a que es uno de los métodos más comunes para esta aplicación, y con el cual se ha venido trabajado con anterioridad.

Se debe especificar las sustancias involucradas en el proceso, las cuales vemos en la Ec. #, estas son el acetato de etilo, el hidróxido de sodio, el etanol y el acetato de sodio, a parte de estas, incluiremos el agua ya que el NaOH está diluido y el aceite térmico para el sistema de calentamiento de los reactivos. Dentro de esta simulación se trabajará en el sistema internacional de unidades métricas.

Figura 306.

Sustancias involucradas en la simulación en Aspen Plus para el banco de reactores.

Component ID	Type	Component name	Alias
AGUA	Conventional	WATER	H2O
HI-SODIO	Conventional	SODIUM-HYDROXIDE	NAOH
AC-ETILO	Conventional	ETHYL-ACETATE	C4H8O2-3
ETANOL	Conventional	ETHANOL	C2H6O-2
AC-SODIO	Conventional	SODIUM-ACETATE	C2H3NAO2
ACEITE	Conventional	ETHYLENE-GLYCOL	C2H6O2

Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

En el ambiente de simulación nos dirigimos a la sección de reacciones, y escogemos una reacción “POWERLAW” debido a que conocemos la cinética para la saponificación del acetato de etilo, luego especificamos los coeficientes estequiométricos y los órdenes de la reacción.

Figura 307.

Coefficientes estequiométricos y ordenes de la reacción en Aspen Plus para el banco de reactores.

Component	Coefficient	Exponent
AC-ETILO	-1	1
HI-SODIO	-1	1

Component	Coefficient	Exponent
AC-SODIO	1	0
ETANOL	1	0

Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

El siguiente paso es definir los parámetros cinéticos de la reacción, los cuales ya fueron seleccionados en el diseño experimental de la reacción de saponificación del libro de Fogler, Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas. También se especificó que la reacción se llevaba a cabo en fase líquida y que la velocidad de reacción viene en base del volumen del sistema reactivo.

Figura 308.

Parámetros cinéticos de la reacción en Aspen Plus para el banco de reactores.

1) AC-ETILO + HI-SODIO --> AC-SODIO(MIXED) + ETANOL(MIXED)

Reacting phase: *Liquid* Rate basis: *Reac (vol)*

Power Law kinetic expression

If To is specified Kinetic factor = $k(T/T_o)^n e^{-(E/R)(1/T-1/T_o)}$

If To is not specified Kinetic factor = $kT^n e^{-E/RT}$

k:

n:

E:

To:

[C] basis: *Molarity*

Edit Reactions

Solids

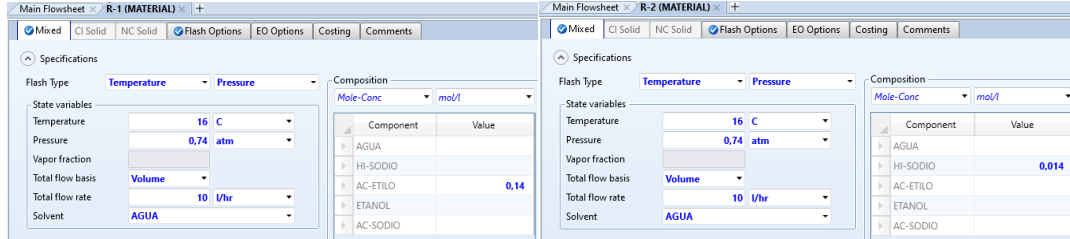
Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Lo siguiente es empezar a recrear el proceso en el banco de reactores, este proceso tiene dos tipos de operaciones, adiabática e isotérmica. La operación adiabática no maneja ningún tipo de transferencia de calor, así que el aceite térmico no se involucra en esta operación, la cual maneja un flujo de calor de 0 watts. Para la operación isotérmica, se mantendrá una temperatura constante de 20°C, esto se logra utilizando una corriente de aceite térmico dentro de la chaqueta de los reactores.

Las corrientes de alimentación de la simulación vienen dadas por la tabla #, la corriente del reactivo 1 (Corriente R-1) está compuesta por acetato de etilo con una concentración de 0,14 mol/L y la corriente del reactivo 2 (Corriente R-2) está compuesta por hidróxido de sodio con una concentración de 0,014 mol/L, ambas corrientes con un caudal de 10 L/h. El simulador hace el cálculo de la concentración del solvente necesario, en este caso todo se diluyo en agua.

Figura 309.

Corrientes de alimentación al banco de reactores en el simulador Aspen Plus.



Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Los parámetros de cada uno de los reactores en el banco de reactores se encuentran en la tabla #, aquí podemos ver el volumen, longitud, diámetro y número de tubos, dependiendo el tipo de reactor, para los CSTR solo se tuvo en cuenta el volumen y para los PFR y PBR se tuvo en cuenta la longitud, diámetro y número de tubos.

Tabla 131.

Parámetros de los reactores en el banco de reactores.

Reactores	Volumen (L)	Numero de tubos	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
R-101, R-102, R-103	1	-	-	-
R-104	3	-	-	-
R-105, R-106, R-107	1	1	262	69,71
R-108	3	1	741	71,80
R-109	3	9	3 secciones de 280	67,43

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando la información suministrada por los Manuales de PSE

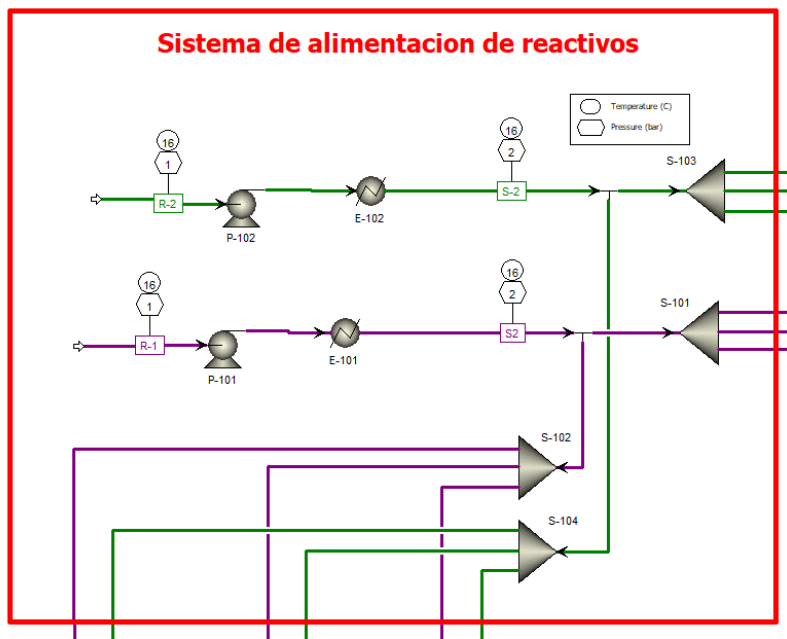
5.2.1.f.i. Simulación operación adiabática.

El proceso en el banco de reactores comienza por la adecuación de los reactivos, ya que como lo muestra la tabla 125, estos se encuentran a una temperatura y presión ambiental, para esto se utiliza una bomba dosificadora (Bloques P-101 y P-102) que ayudara a transportar el flujo de los reactivos (Corrientes R-1 y R-2), y para adecuar la temperatura se utilizó un intercambiador de calor (Bloques E-101 y E-102), en este caso el intercambiador de calor no se utiliza debido a que el proceso es totalmente adiabático y se manejara a una temperatura ambiente.

Como lo vemos en la figura 185, las corrientes de los reactivos son separadas, ya que como lo muestra el PFD del banco de reactores, estos son dirigidos para 2 diferentes zonas, la zona de los reactores PFR y PBR, y la zona de los reactores CSTR. El flujo dividido es dirigido a unos divisores de corriente (Bloques S-101, S-102, S-103 y S-104), los cuales se encargan de llevar los reactivos a cada uno de los reactores de las dos zonas.

Figura 310.

Simulación sistema de alimentación de reactivos operación adiabática.



Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Luego de que las corrientes de los reactivos 1 y 2 son divididas (Bloques S-101 y S-103), se llevan a la zona de los reactores CSTR la cual se conforma por los reactores R-101, R-102, R-103 y R-104, para la simulación de esta zona, se tuvo en cuenta el volumen de cada uno de los reactores y el diseño de las corrientes en el diagrama PFD, como se ve, los reactores en donde ingresan los reactivos sin ser mezclados son los R-101, R-103 y R-104.

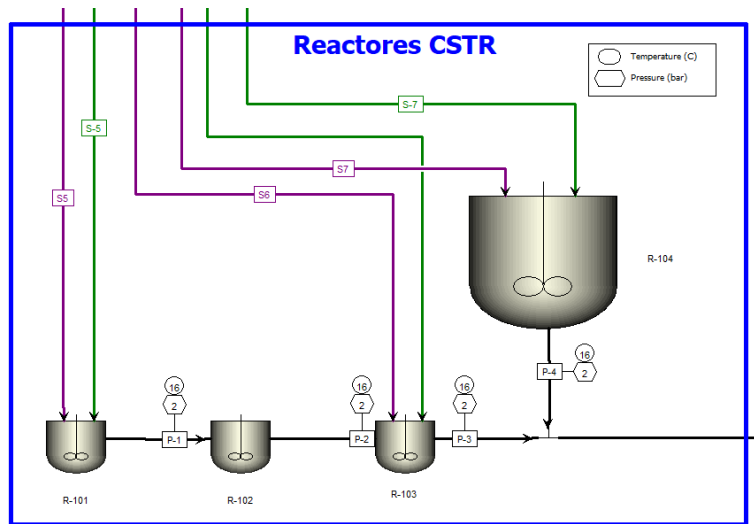
El volumen en los reactores R-101, R-102 y R-103 es de 1L, estos al estar conectados en serie simulan un proceso de flujo continuo, en el cual el producto del primer reactor es llevado al segundo reactor y así sucesivamente. El volumen en el reactor R-104 es de 3L, este simula un

proceso por lotes, donde los reactivos son mezclados por cierto tiempo hasta que se cumpla con la conversión deseada.

El producto de los reactores CSTR en serie es la corriente P-3, y el del reactor CSTR de 3L es la corriente P-4, estas dos corrientes son mezcladas ya que son llevadas al mismo tanque de almacenamiento (T-103).

Figura 311.

Simulación reactores CSTR operación adiabática.



Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Luego de que las corrientes de los reactivos 1 y 2 son divididas (Bloques S-102 y S-104), se llevan a la zona de los reactores PFR y PBR la cual se conforma por los reactores R-105, R-106, R-107, R-108 y R-109, para la simulación de esta zona, se tuvo en cuenta el diámetro, longitud de cada uno de los reactores y el diseño de las corrientes en el diagrama PFD (Figura 186). Esta zona se conforma por unos mezcladores estáticos (M-101, M-102 y M-103) que se encargan de mezclar los reactivos 1 y 2 antes de ser llevados a los reactores, como se ve, los reactores en donde ingresan los reactivos mezclados son los R-105, R-108 y R-109.

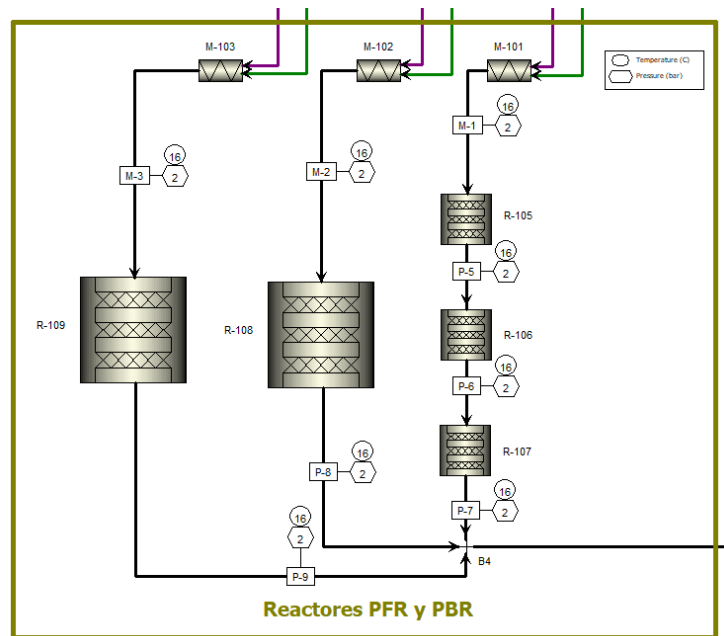
El volumen en los reactores R-105, R-106 y R-107 es de 1L, su longitud es de 262mm y su diámetro es de 69,71 mm, estos al estar conectados en serie simulan un proceso de flujo continuo, en el cual el producto del primer reactor es llevado al segundo reactor y así sucesivamente. El

volumen en el reactor R-108 es de 3L, su longitud es de 741 mm y su diámetro es de 71,80 mm; y el volumen en el reactor R-109 es de 3L, su longitud es de 3 secciones de 280 mm y su diámetro es de 67,43 mm, este reactor consta de un catalizador de resina (tabla 123).

El producto de los reactores PFR en serie es la corriente P-7, el del reactor PFR de 3L es la corriente P-8 y el del reactor PBR es la corriente P-9, estas tres corrientes son mezcladas ya que son llevadas al mismo tanque de almacenamiento (T-104).

Figura 312.

Simulación reactores PFR y PBR operación adiabática.

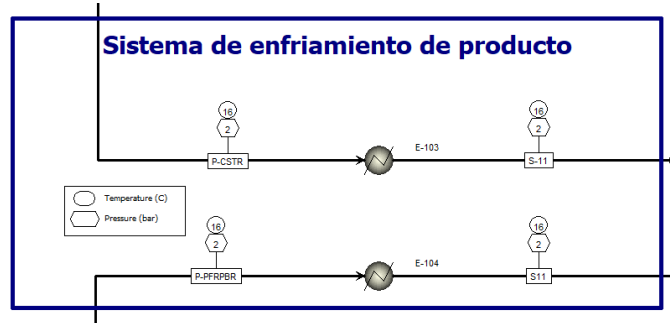


Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Las corrientes salientes de los reactores CSTR, PFR y PBR son llevadas al sistema de enfriamiento de producto, donde son ingresadas a unos intercambiadores de calor (E-103 y E-104) donde se busca enfriar el producto hasta la temperatura ambiental para posteriormente ser ingresado en los tanques de almacenamiento de producto (T-103 y T-104).

Figura 313.

Simulación sistema de enfriamiento de producto.



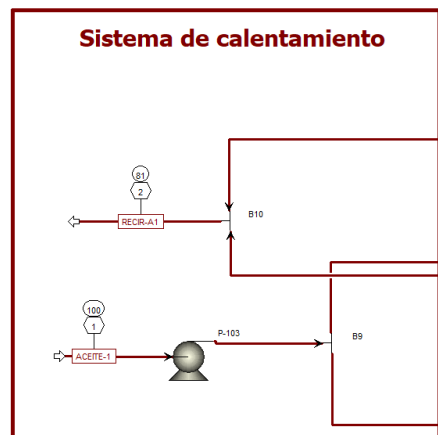
Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

5.2.1.f.ii. Simulación operación isotérmica.

En la operación isotérmica entra aceite térmico a 100°C, el cual es impulsado por una bomba centrífuga (P-103) a los intercambiadores de calor E-101 y E-102, donde es utilizado para aumentar la temperatura de los reactivos. El aceite térmico saliente de los intercambiadores de calor es recirculado al tanque de almacenamiento que se encarga de regular la temperatura de este.

Figura 314.

Simulación sistema de calentamiento operación isotérmica.

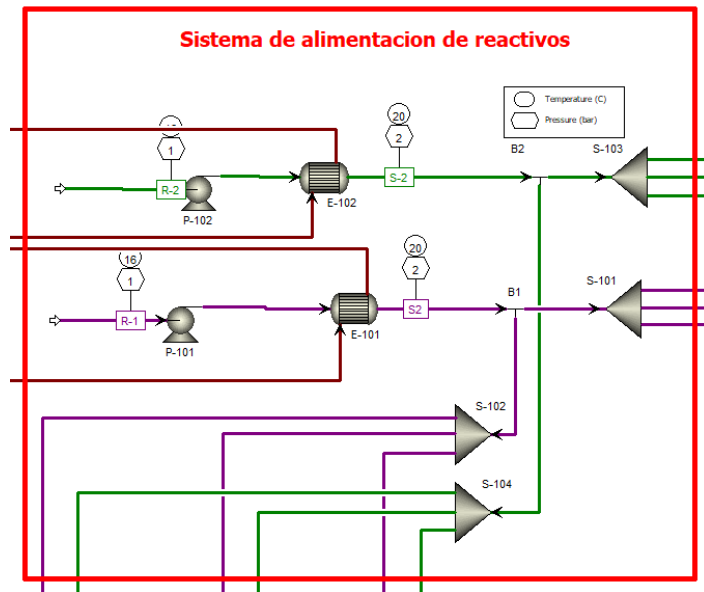


Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

En la operación isotérmica el proceso es igual al de la operación adiabática, exceptuando que en los intercambiadores de calor del sistema de alimentación de reactivos (E-101 y E-102) entra aceite térmico a 100°C, esto para llevar los reactivos a una temperatura de 20°C, esta operación es en paralelo para cumplir con los requerimientos de $\Delta T_{\min} = 10^\circ\text{C}$.

Figura 315.

Simulación sistema de alimentación de reactivos operación isotérmica.

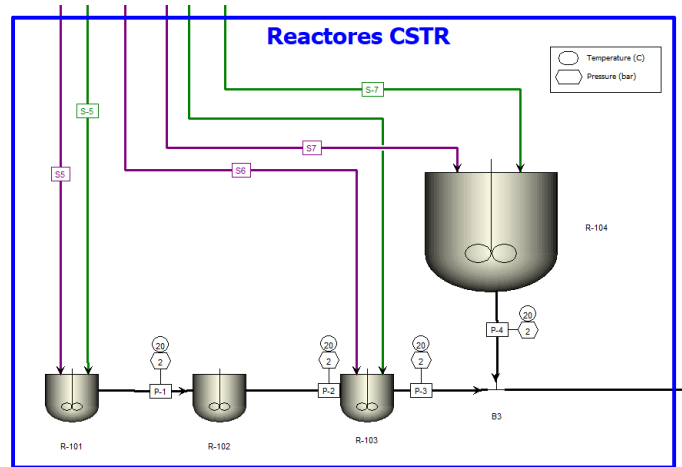


Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Como en la operación adiabática, las corrientes de los reactivos 1 y 2 son divididas (Bloques S-101 y S-103), y se llevan a la zona de los reactores CSTR, donde se tiene en cuenta la entrada del aceite térmico a los reactores, esto para mantener una temperatura constante de 20°C y que este no se enfríe con la temperatura del ambiente.

Figura 316.

Simulación reactores CSTR operación isotérmica.

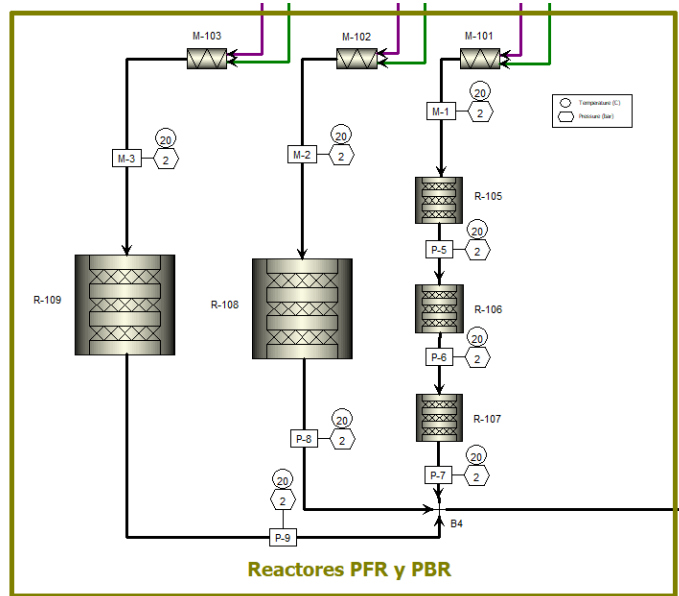


Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Como en la operación adiabática, las corrientes de los reactivos 1 y 2 son divididas (Bloques S-102 y S-104), y se llevan a la zona de los reactores PFR y PBR, donde se tiene en cuenta la entrada del aceite térmico a los reactores, esto para mantener una temperatura constante de 20°C y que este no se enfríe con la temperatura del ambiente.

Figura 317.

Simulación reactores PFR y PBR operación isotérmica.



Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

5.2.1.g. Análisis comparativo

Conversión en los reactores

Para determinar la conversión del hidróxido de sodio (Reactivo limitante) en la salida de los reactores, tuvimos en cuenta la concentración a la entrada y a la salida, donde utilizando la ecuación del libro de *FOGLER, H. Scott. Elementos de ingeniería de las reacciones químicas*, se determinó la conversión para cada reactor.

$$X_{\text{Hidroxido de sodio}} = \frac{C_{\text{Hidroxido de sodio}}^{\text{entrada}} - C_{\text{Hidroxido de sodio}}^{\text{salida}}}{C_{\text{Hidroxido de sodio}}^{\text{entrada}}} \quad \text{Ec. 5}$$

Los resultados de las conversiones en los reactores tanto para la operación adiabática como para la operación isotérmica, los podemos encontrar en las tablas 127 y 128.

Tabla 132.*Conversión en los reactores de la operación adiabática.*

Operación Adiabática			
Reactores	Concentración Entrada (mol/L)	Concentración Salida (mol/L)	Conversión
R-101, R-102, R-103	0,007	0,00412	41,14
R-104	0,007	0,00408	41,75
R-105, R-106, R-107	0,007	0,00335	52,07
R-108	0,007	0,00334	52,35
R-109	0,007	0,00256	63,44

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando la información suministrada por la simulación en Aspen Plus.

Tabla 133.*Conversión en los reactores de la operación isotérmica.*

Operación Isotérmica			
Reactores	Concentración Entrada (mol/L)	Concentración Salida (mol/L)	Conversión
R-101, R-102, R-103	0,007	0,00370	47,18
R-104	0,007	0,00364	48,07
R-105, R-106, R-107	0,007	0,00277	60,48
R-108	0,007	0,00273	61,02
R-109	0,007	0,00197	71,86

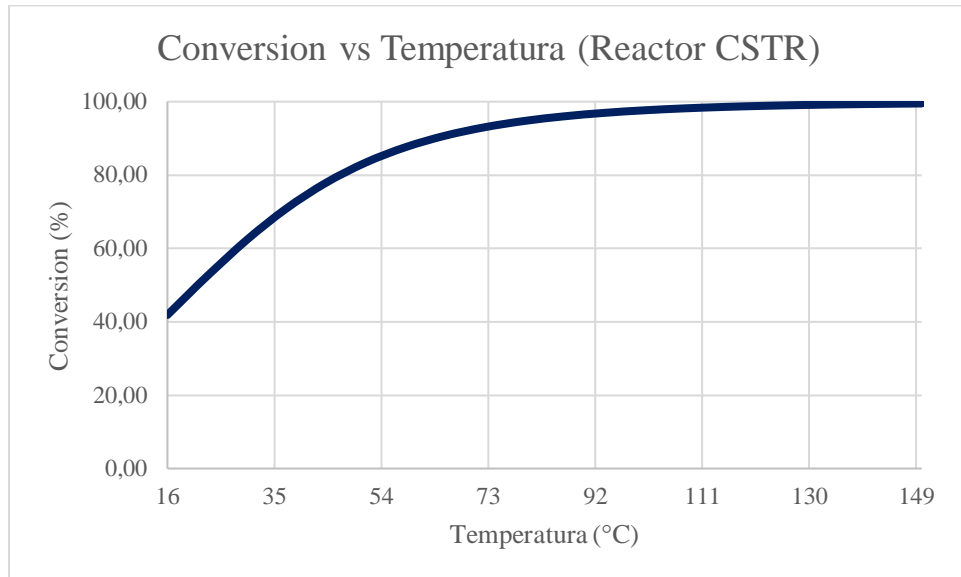
Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando la información suministrada por la simulación en Aspen Plus.

Como podemos ver, la conversión varía dependiendo las condiciones de la operación, el tipo de reactor y el tipo de proceso. Para el tipo de reactor se evidencia que el reactor PBR obtiene una mayor conversión que los PFR y CSTR, esto debido a la presencia del catalizador que facilita el medio de reacción en el reactor; también el reactor PFR obtiene una conversión mayor a la del CSTR, lo que quiere decir que esta reacción se da mejor en los reactores tubulares.

Para las condiciones de operación, vemos que, al manejar una temperatura más alta en los reactores, la reacción se ve favorecida y da un aumento de conversión considerable comparado con la operación adiabática. Para el tipo de proceso tenemos que los reactores en serie tienen una menor conversión, pero esto es algo mínimo, considerando que tienen tiempos de espera entre los reactores.

Figura 318.

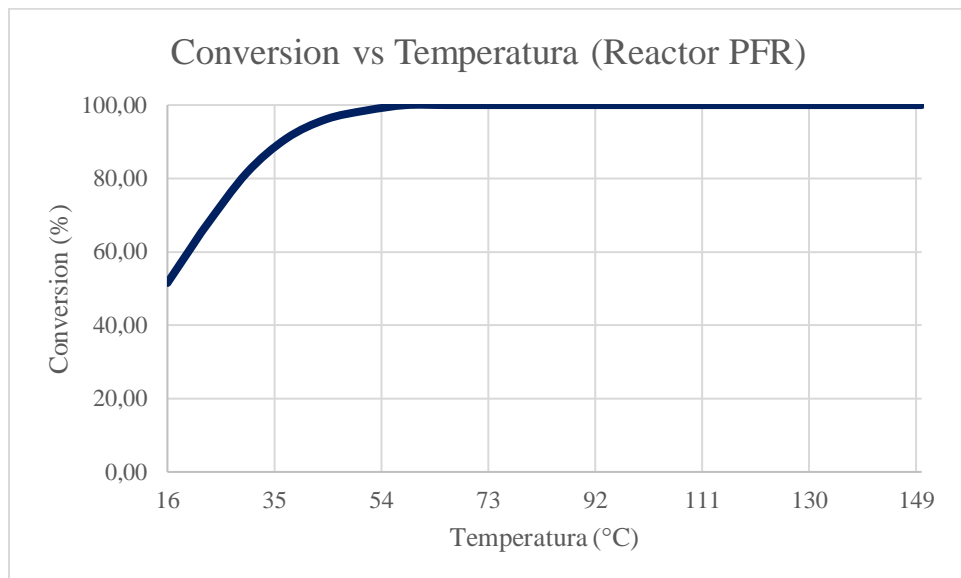
Gráfica conversión vs temperatura (Reactor CSTR).



Nota: Gráfica elaborada con los datos de la simulación en Aspen Plus

Figura 319.

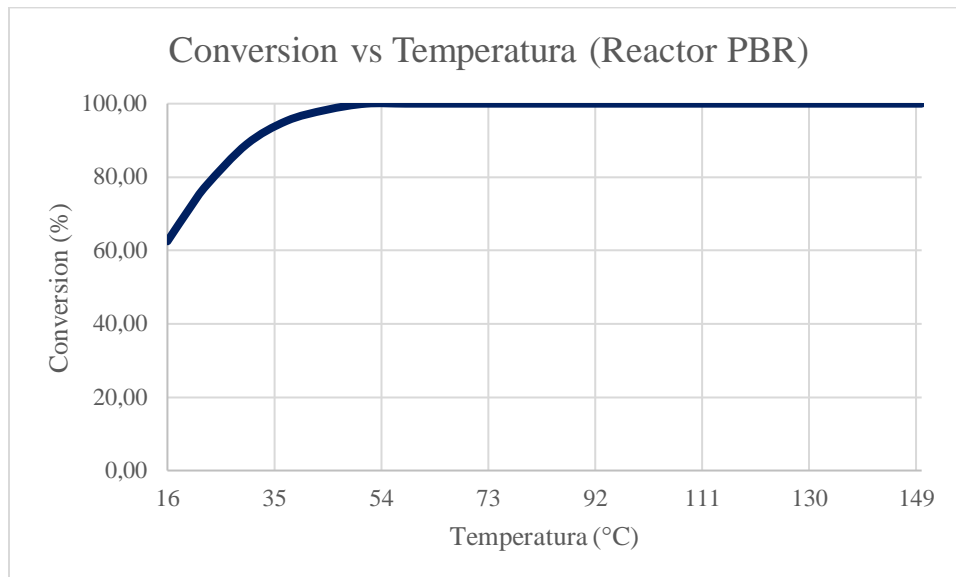
Gráfica conversión vs temperatura (Reactor PFR).



Nota: Gráfica elaborada con los datos de la simulación en Aspen Plus

Figura 320.

Gráfica conversión vs temperatura (Reactor PBR).



Nota: Gráfica elaborada con los datos de la simulación en Aspen Plus

Como vemos, el aumento de la temperatura en el reactor influye en la reacción, esta es directamente proporcional a la conversión, es decir, su aumento hace que la conversión del hidróxido de sodio también aumente. Se analiza que no es necesario llegar a los límites de temperatura permitidos en los reactores ($T=150^{\circ}\text{C}$), porque la conversión máxima puede ser alcanzada en temperaturas mucho menores.

En los reactores CSTR se puede trabajar a temperaturas de 90°C para alcanzar conversiones superiores al 90%, en los reactores PFR se puede trabajar a temperaturas de 50°C para alcanzar conversiones mayores al 95%, y en los reactores PBR se puede trabajar a temperaturas de 40°C para alcanzar conversiones mayores al 95%.

5.2.1.g.i. Producto en los reactores.

Tabla 134.

Porcentaje en peso de las corrientes en los reactores de la operación adiabática.

Composición en la Operación Adiabática					
Fracción Másica	R-101, R-102, R-103	R-104	R-105, R-106, R-107	R-108	R-109
% Agua	0,993553	0,993553	0,993553	0,993553	0,993553
% Hidróxido de sodio	0,000165	0,000163	0,000134	0,000133	0,000102
% Acetato de etilo	0,005913	0,005910	0,005846	0,005844	0,005776
% Etanol	0,000133	0,000135	0,000168	0,000169	0,000205
% Acetato de sodio	0,000236	0,000240	0,000299	0,000301	0,000364

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando la información suministrada por la simulación en Aspen Plus.

Tabla 135.

Porcentaje en peso de las corrientes en los reactores de la operación isotérmica.

Composición en la Operación Isotérmica					
Fracción Másica	R-101, R-102, R-103	R-104	R-105, R-106, R-107	R-108	R-109
% Agua	0,993553	0,993553	0,993553	0,993553	0,993553
% Hidróxido de sodio	0,000148	0,000146	0,000111	0,000109	0,000079
% Acetato de etilo	0,005877	0,005872	0,005795	0,005792	0,005725
% Etanol	0,000152	0,000154	0,000195	0,000196	0,000231
% Acetato de sodio	0,000270	0,000275	0,000347	0,000350	0,000412

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando la información suministrada por la simulación en Aspen Plus.

Las tablas 129 y 130 nos muestran lo que ya se había demostrado, y es que los productos de los reactores PFR y PBR tienen una mayor concentración másica de etanol y acetato de sodio (Producto deseado), también que en la operación isotérmica que maneja una temperatura más alta, se favorece la conversión del hidróxido de sodio, formando más acetato de sodio y etanol, que es lo que se busca en este tipo de operaciones.

5.2.1.h. Reacciones múltiples dentro del banco de reactores.

Para determinar las reacciones múltiples se tuvieron en cuenta los mismos parámetros que en la sección 4.2.1.a, estos son que la reacción debe funcionar a temperaturas menores a 150°C, debido a que esa es la temperatura máxima que puede manejar la unidad. Se tuvo en cuenta las sustancias que no representan ninguna deficiencia en los materiales con los que fue construida la unidad.

Sabiendo que los reactores funcionan como operación continua ya que son CSTR, PFR y PBR, se escogieron las reacciones de saponificación de acetato de etilo y la esterificación del ácido acético, ya que cumple con los criterios establecidos y resultan ser bastante económicas según la tabla # donde podemos ver las materias primas necesarias.

Tabla 136.

Precios de las materias primas involucradas en el proceso.

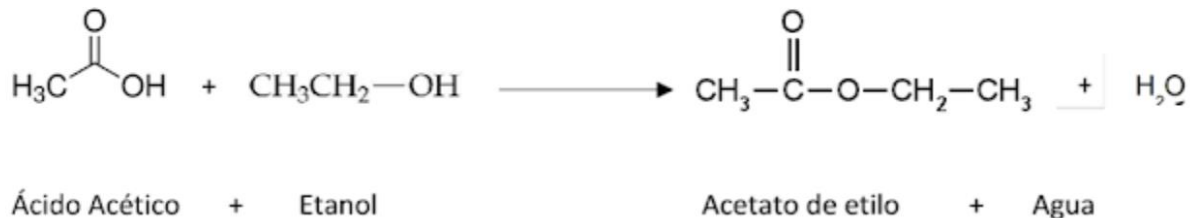
Materias primas en el proceso	Precio (COP)	Referencia
Acetato de etilo	19.000 \$/L	[#1]
Agua destilada	3.000 \$/L	[#2]
Hidróxido de sodio	17.300 \$/kg	[#3]
Ácido acético	50.000 \$/L	[#4]

Nota: La tabla es de elaboración propia, guiándonos de los precios suministrados por la tienda en línea vadequímica #1-[51], #2-[52], #3-[53] y #4-[73]

La reacción de esterificación del ácido acético produce acetato de etilo, el cual es necesario para la reacción de saponificación de acetato de etilo que busca producir acetato de sodio que es producido en cantidades industriales. Es utilizado en la industria textil para neutralizar las corrientes residuales de ácido sulfúrico, y como fotorresistente cuando se usan colorantes de anilina. También se usa como agente de encurtido en el curtido con cromo, ayuda a retardar la vulcanización del cloropreno en la producción sintética de caucho, y es usado para dar sabor a las patatas fritas [54]

Figura 321.

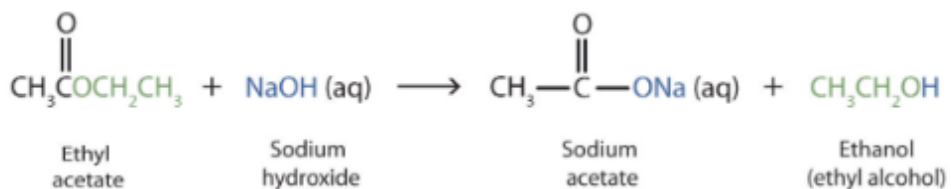
Reacción de esterificación del ácido acético.



Nota: La reacción fue tomada de [74]

Figura 322.

Reacción de saponificación de acetato de etilo.



Ec. 3

Nota: La reacción fue tomada de [55]

Cuando se usa una base (como hidróxido de sodio [NaOH] o hidróxido de potasio [KOH]) para hidrolizar un éster, los productos son una sal de carboxilato y un alcohol, en este caso acetato de sodio y metanol, respectivamente. Debido a que los jabones se preparan mediante la hidrólisis alcalina de grasas y aceites, la hidrólisis alcalina de los ésteres se denomina saponificación (del latín saponis, que significa "jabón", ficare, que significa "producir" y el sufijo "ción", que indica acción, "producir jabón"). [55]

Figura 323.

Indicaciones de seguridad para las sustancias involucradas en el proceso.

Sustancias involucradas en el proceso	Pictograma	Indicaciones de peligro	Referencia
Acetato de etilo		H225 Líquidos y vapores muy inflamables H319 Provoca irritación ocular grave. H336 Puede provocar somnolencia o vértigo.	[#1]
Agua destilada	Sin Pictogramas	Sustancia no peligrosa	[#2]
Hidróxido de sodio		H290 Puede ser corrosivo para los metales H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves	[#3]
Etanol		H225 Líquidos y vapores altamente inflamables. H319 Provoca irritación ocular seria.	[#4]
Acetato de sodio		H319 Provoca irritación ocular grave. H303 Toxicidad Aguda (Oral) - Categoría 5 – Puede ser nocivo para la salud.	[#5]
Acido acético		H226 Líquidos y vapores inflamables H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves	[#5]

Nota: La tabla es de elaboración propia, guiándonos de la información suministrada por químicauniversal y reactivosmeyer #1-[56], #2-[57] #3-[58], #4-[59], #5-[60] y #6-[75]

En la tabla se muestran las indicaciones de peligro según el sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas (SGA), para las sustancias involucradas en el proceso. La normatividad para la seguridad industrial está regida por la Norma Técnica Colombiana 18001 (OHSAS), la cual ayuda a prevenir accidentes y enfermedades laborales mediante una serie de requisitos para implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional. [61]

5.2.1.h.i. Verificación de viabilidad de la reacción en el banco de reactores.

Teniendo en cuenta las sustancias involucradas y las tablas de la sección 2.5.4, se verificaron si estas eran viables para el proceso dentro del banco de reactores, ya que existe la posibilidad de encontrarnos con sustancias que puedan afectar el material y los empaques con los que está construida la unidad. En la tabla # encontraremos si estas sustancias cumplen los requisitos para ser utilizadas.

Para las tablas #, #, # es necesario conocer la siguiente nomenclatura: A: excelente compatibilidad, B: buena (mínima corrosión), C: aceptable (efecto moderado, no recomendado para uso continuo), D: efecto severo (no recomendado para ningún uso), N/A: información no disponible.

Tabla 137.

Tabla de viabilidad para el acetato de etilo, el acetato de sodio y el ácido acético <20%.

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Aceite de coco	A	A	D
Aceite de maíz	B	A	C
Aceite de motor	A	A	D
Aceite de oliva	B	A	D
Aceite de palma	A	A	A
Aceite hidráulico (petro)	A	A	D
Aceite hidráulico (sintético)	A	A	D
Aceite mineral	A	A	D
Aceites combustibles	A	B	D
Acetaldehído	N/A	A	A
Acetato de amilo	A	A	A
Acetato de isoamilo	A	N/A	B
Acetato de isobutilo	A	N/A	C
Acetato de isopropilo	C	A	B
Acetato de etilo	B	A	B
Acetato de metilo	A	A	C
Acetato de sodio	B	A	A
Acetato de vinilo	B	A	B
Acetileno	A	A	A
Acetona	A	A	A
Ácido acético	B	A	A
Ácido acético 20%	B	A	A
Ácido acético 80%	D	A	A
Ácido acético glacial	C	A	B
Ácido benzoico	B	A	D
Ácido carbónico	B	A	B
Ácido cítrico	B	A	A
Ácido cítrico 5%	A	A	A
Ácido clórico	D	A	N/A

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39].

En la tabla # se nos muestra que el acetato de etilo, el acetato de sodio y el ácido acético diluido no representan ningún riesgo para los materiales, en el caso del acero SS 304, existe una mínima corrosión pero esto a nivel operacional no se considera como riesgo potencial. Con el teflón que aporta la anti-adherencia poseen una excelente compatibilidad, y para el caucho aislante EPDM se

ve que el acetato de etilo puede presentar una ligera corrosión a diferencia del acetato de sodio que es compatible con este.

Tabla 138.

Tabla de viabilidad para el agua destilada.

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Ácido sulfúrico 95%	A	A	C
Ácido sulfúrico 75%	C	A	C
Ácido sulfúrico 60%	D	A	C
Ácido sulfúrico 50%	D	A	B
Ácido sulfúrico 25%	B	A	B
Ácido sulfúrico 10%	A	A	A
Ácido sulfúrico <10%	D	A	A
Ácido sulfúrico concentrado (frío)	C	A	C
Ácido sulfúrico concentrado (caliente)	D	A	D
Ácido úrico	B	A	N/A
Ácidos grasos	B	A	D
Agua carbonatada	A	N/A	N/A
Agua de mar	C	A	A
Agua desionizada	A	A	A
Agua destilada	A	A	A
Agua Regia (80% HCl, 20% HNO ₃)	D	A	C
Alcohol amílico	A	A	A
Alcohol bencílico	B	A	B
Alcohol isobutilico	A	A	A

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39].

En la tabla # se nos muestra que el agua destilada no representa ningún riesgo para los materiales, tiene una excelente compatibilidad, esto es importante ya que para esta reacción donde las sustancias están diluidas, el agua es el que se presenta en una mayor cantidad en el proceso.

Tabla 139.

Tabla de viabilidad para el etanol y el hidróxido de sodio <50%.

Sustancia química	Compatibilidad		
	SS 304	Teflón (PTFE)	EPDM
Dioxano	A	D	A
Estireno	A	A	D
Etanol	A	A	A
Etanolamina	A	A	B
Éter butílico	B	A	D
Éter de isopropilo	A	A	D
Éter de petróleo	A	D	A
Éter etílico	B	A	D
Éter metílico	N/A	A	A
Etilenglicol	B	A	A
Fenol	B	A	N/A
Formaldehido 100%	B	A	A
Formaldehido 40%	A	A	A
Furfural	A	A	D
Gasolina	A	A	D
Gelatina	A	A	A
Glicerol	A	A	A
Glucosa (jarabe de maíz)	A	A	A
Heptano	A	A	D
Hexano	A	A	D
Hidroquinona	B	A	D
Hidro sulfito de sodio	N/A	A	B
Hidróxido de calcio	B	A	A
Hidróxido de calcio 10% (en ebullición)	A	N/A	A
Hidróxido de magnesio	B	A	A
Hidróxido de potasio	B	A	A
Hipoclorito de sodio <20%	C	A	B
Hidróxido de sodio 20%	B	A	B
Hidróxido de sodio 50%	B	A	B
Hidróxido de sodio 80%	D	A	B
Hipoclorito de sodio 100%	D	A	B

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando como referencia [8][39].

En la tabla # se nos muestra que el etanol y el hidróxido de sodio con concentraciones menores al 50% no representan ningún riesgo para los materiales, en el caso del acero SS 304, el etanol es compatible pero con el hidróxido de sodio diluido existe una mínima corrosión pero esto a nivel operacional no se considera como riesgo potencial. Con el teflón que aporta la anti-adherencia poseen una excelente compatibilidad, y para el caucho aislante EPDM se ve que el hidróxido de sodio diluido puede presentar una ligera corrosión a diferencia del etanol que es compatible con este.

5.2.1.h.ii. Parámetros cinéticos de la reacción.

En el simulador Aspen Plus, es necesario utilizar la cinética de la reacción, donde se nos pide la constante de velocidad de reacción que viene dada por la ecuación de Arrhenius:

$$k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}} \quad \text{Ec. 4}$$

Nota: La ecuación de la constante de velocidad fue sacada de FOGLER, H. Scott. Op., cit. p. 550

Donde k_0 es el factor de frecuencia (L/mol*s), E es la energía de activación (kJ/kmol), R es la constante de los gases ideales (8.3145 kJ/kmol K), y T es la temperatura (K). Los parámetros de energía de activación (E) y el factor de frecuencia (k_0) se determinan experimentalmente.

Reacción de esterificación:

- $k_0 = 1,608 \cdot 10^7 \text{ L/mol*s}$
- $E = 64560 \text{ kJ/kmol}$

Nota: Parámetros experimentales obtenidos de [76]

Reacción de saponificación:

- $k_0 = 3,28 \cdot 10^6 \text{ L/mol*s}$
- $E = 45500 \text{ kJ/kmol}$

Nota: Parámetros experimentales obtenidos de FOGLER, H. Scott. Elementos de ingeniería de las reacciones químicas, 2008.

5.2.1.h.iii. Condiciones de las corrientes de entrada.

Teniendo en cuenta que la planta está ubicada en Bogotá, Colombia, las sustancias entraran a la temperatura y presión ambientes de esta zona. Los flujos de cada corriente son de 10 L/h debido a la capacidad de los reactores, y las concentraciones del ácido acético y el etanol de la reacción de saponificación están dadas por el estudio experimental tomado de [77], y las concentraciones del hidróxido de sodio y el acetato de etilo están dadas por la experimentación en el estudio de

ACOSTA, Jair y PEREZ, Rolando. Estudio experimental y simulación de la saponificación del acetato de etilo en tres reactores CSTR en serie, 2012. [63]

Tabla 140.

Condiciones de las corrientes de alimentación a cada reactor.

Parámetro	Alimentación a los Reactores
T (°C)	16
P (atm)	0,74
Caudal (L/h)	20
C _{hidróxido de sodio} (mol/L)	0,007
C _{ácido acético} (mol/L)	0,09
C _{etanol} (mol/L)	0,1

Nota: Datos de las concentraciones usadas obtenidas de [63] y [76].

Tabla 141.

Condiciones de las corrientes de alimentación al banco de reactores.

Parámetro	Corriente reactivo 1	Corriente reactivo 2
T (°C)	16	16
P (atm)	2	2
Caudal (L/h)	10	10
C _{hidróxido de sodio} (mol/L)	0	0,014
C _{ácido acético} (mol/L)	0,18	0
C _{etanol} (mol/L)	0,2	0

Nota: Datos de temperatura y presión obtenidos de [64], y datos de las concentraciones usadas obtenidas de [63] y [76].

5.2.1.h.iv. Simulación.

Para empezar, se debe especificar el tipo de aplicación que se llevara a cabo, para las reacciones múltiple, corresponde a una reacción en fase líquida, según la guía de ayuda de Aspen Technology [65] tenemos tres opciones para este sistema, NRTL, WILSON y UNIQUAC, de estos métodos se utilizó el de "NRTL" debido a que es uno de los métodos más comunes para esta aplicación, y con el cual se ha venido trabajado con anterioridad.

Se debe especificar las sustancias involucradas en el proceso, las cuales vemos en la Ec. #, estas son el acetato de etilo, el hidróxido de sodio, el etanol, el acetato de sodio y el ácido acético, a parte de estas, incluiremos el agua ya que el NaOH y el ácido acético esta diluido y el aceite térmico para el sistema de calentamiento de los reactivos. Dentro de esta simulación se trabajará en el sistema internacional de unidades métricas.

Figura 324

Sustancias involucradas en la simulación en Aspen Plus para el banco de reactores

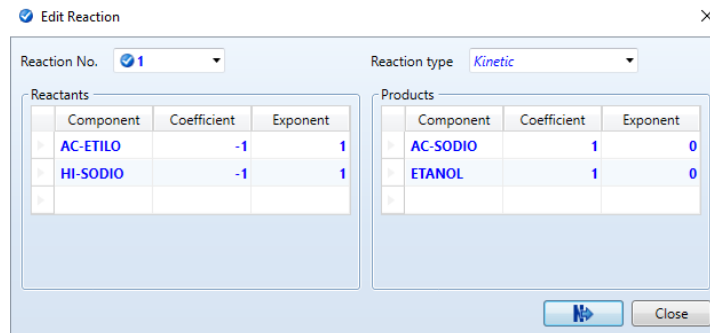
Component ID	Type	Component name	Alias
AGUA	Conventional	WATER	H2O
HI-SODIO	Conventional	SODIUM-HYDROXIDE	NAOH
AC-ETILO	Conventional	ETHYL-ACETATE	C4H8O2-3
ETANOL	Conventional	ETHANOL	C2H6O-2
AC-SODIO	Conventional	SODIUM-ACETATE	C2H3NAO2
ACEITE	Conventional	ETHYLENE-GLYCOL	C2H6O2
ACETICO	Conventional	ACETIC-ACID	C2H4O2-1

Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

En el ambiente de simulación nos dirigimos a la sección de reacciones, y escogemos una reacción “POWERLAW” debido a que conocemos la cinética para la saponificación del acetato de etilo y la esterificación del ácido acético, luego especificamos los coeficientes estequiométricos y los órdenes de la reacción.

Figura 325

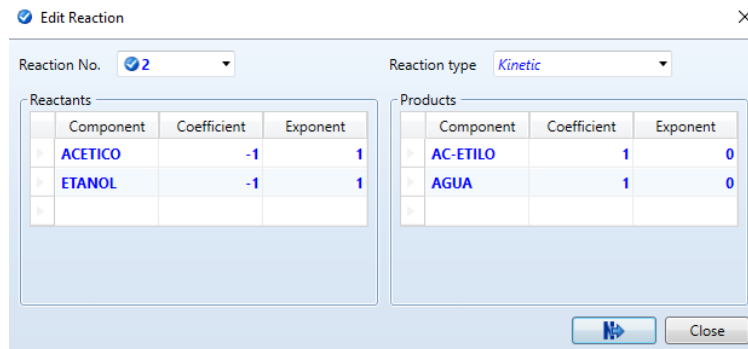
Coefficientes estequiométricos y ordenes de la reacción de saponificación en Aspen Plus para el banco de reactores



Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Figura 326

Coefficientes estequiométricos y ordenes de la reacción de esterificación en Aspen Plus para el banco de reactores



Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

El siguiente paso es definir los parámetros cinéticos de la reacción, los cuales ya fueron encontrados según la sección de la cinética de las reacciones. También se especificó que la reacción se llevaba a cabo en fase líquida y que la velocidad de reacción viene en base del volumen del sistema reactivo.

Figura 327

Parámetros cinéticos de la reacción de saponificación en Aspen Plus para el banco de reactores

1) AC-ETILO + HI-SODIO --> AC-SODIO(MIXED) + ETANOL(MIXED)

Reacting phase: Liquid Rate basis: Reac (vol)

Power Law kinetic expression

If To is specified Kinetic factor = $k(T/T_o)^n e^{-(E/R)[1/T-1/T_o]}$

If To is not specified Kinetic factor = $kT^n e^{-E/RT}$

k: 3,28e+06

n: 0

E: 45500 kJ/kmol

To: C

[Ci] basis: Molarity

Edit Reactions

Solids

Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Figura 328

Parámetros cinéticos de la reacción de esterificación en Aspen Plus para el banco de reactores

2) ACETICO + ETANOL --> AC-ETILO(MIXED) + AGUA(MIXED)

Reacting phase: Liquid Rate basis: Reac (vol)

Power Law kinetic expression

If To is specified Kinetic factor = $k(T/T_o)^n e^{-(E/R)[1/T-1/T_o]}$

If To is not specified Kinetic factor = $kT^n e^{-E/RT}$

k: 1,608e+07

n: 0

E: 64560 kJ/kmol

To: C

[Ci] basis: Molarity

Edit Reactions

Solids

Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

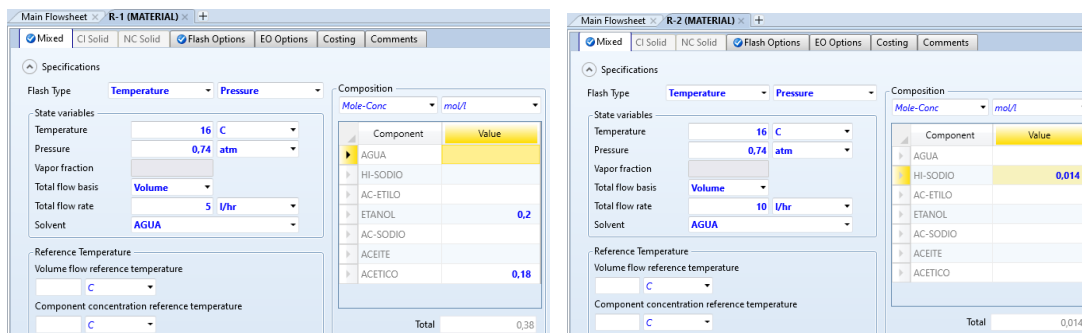
Lo siguiente es empezar a recrear el proceso en el banco de reactores, en este caso se hará una operación isotérmica, que se mantendrá a una temperatura constante de 20°C, esto se logra utilizando una corriente de aceite térmico dentro de la chaqueta de los reactores.

Las corrientes de alimentación de la simulación vienen dadas por la tabla #, la corriente del reactivo 1 (Corriente R-1) está compuesta por el ácido acético y el etanol con una concentración de 0,18 mol/L y 0,2 mol/L respectivamente y la corriente del reactivo 2 (Corriente R-2) está compuesta

por hidróxido de sodio con una concentración de 0,014 mol/L, ambas corrientes con un caudal de 10 L/h. El simulador hace el cálculo de la concentración del solvente necesario, en este caso todo se diluyo en agua.

Figura 329

Corrientes de alimentación al banco de reactores en el simulador Aspen Plus



Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Los parámetros de cada uno de los reactores en el banco de reactores se encuentran en la tabla #, aquí podemos ver el volumen, longitud, diámetro y numero de tubos, dependiendo el tipo de reactor, para los CSTR solo se tuvo en cuenta el volumen y para los PFR y PBR se tuvo en cuenta la longitud, diámetro y numero de tubos.

Tabla 142.

Parámetros de los reactores en el banco de reactores.

Reactores	Volumen (L)	Numero de tubos	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
R-101, R-102, R-103	1	-	-	-
R-104	3	-	-	-
R-105, R-106, R-107	1	1	262	69,71
R-108	3	1	741	71,80
R-109	3	9	3 secciones de 280	67,43

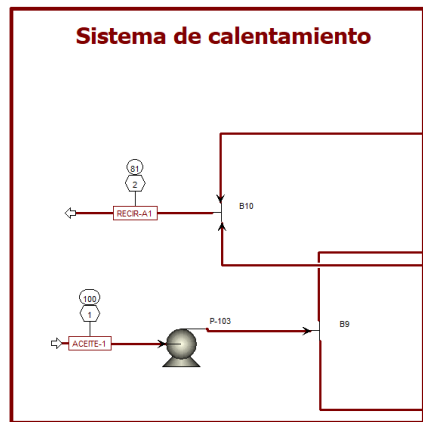
Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando la información suministrada por los Manuales de PSE

El proceso en el banco de reactores comienza por la adecuación de los reactivos, ya que como lo muestra la tabla #, estos se encuentran a una temperatura y presión ambiental, para esto se utiliza una bomba dosificadora (Bloques P-101 y P-102) que ayudara a transportar el flujo de los reactivos

(Corrientes R-1 y R-2), y para adecuar la temperatura se utilizó un intercambiador de calor (Bloques E-101 y E-102).

Figura 330

Simulación sistema de calentamiento operación isotérmica.

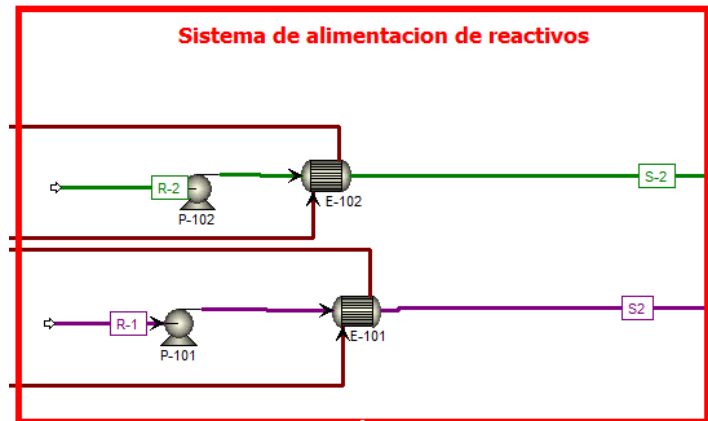


Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

En la operación isotérmica entra aceite térmico a 100°C, el cual es impulsado por una bomba centrífuga (P-103) a los intercambiadores de calor E-101 y E-102, donde es utilizado para aumentar la temperatura de los reactivos. El aceite térmico saliente de los intercambiadores de calor es recirculado al tanque de almacenamiento que se encarga de regular la temperatura de este.

Figura 331

Simulación sistema de alimentación de reactivos operación adiabática

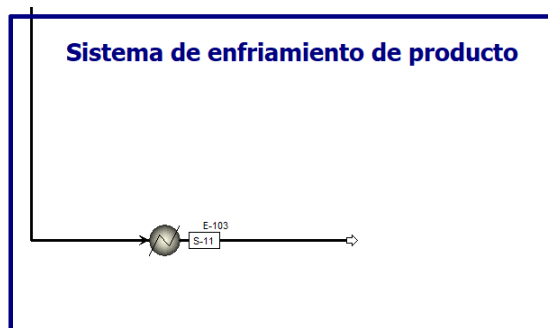


Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Posteriormente es llevado a la zona de los reactores CSTR, donde se dirigirá específicamente al reactor R-104, el cual es un reactor con agitación de 3L, en este reactor ocurren las reacciones de esterificación del ácido acético y la saponificación del acetato de etilo, para poder producir acetato de sodio.

Figura 332

Simulación sistema de enfriamiento de producto



Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

El proceso finaliza enviando el producto del reactor al sistema de enfriamiento que consta de un intercambiador de calor (E-103), que se encarga de llevar la mezcla a una temperatura ambiente para luego ser extraída.

5.2.1.h.v. Resultado de la simulación.

Tabla 143.

Porcentaje en peso de la corriente del producto del reactor R-104.

Fración Másica	R-104
% Agua	0,99296
% Hidróxido de sodio	0,00036
% Acetato de etilo	0,00004
% Etanol	0,00305
% Acetato de sodio	0,00002
% Acido acético	0,00356

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando la información suministrada por la simulación en Aspen Plus.

Tabla 144.

Flujo de masico de la corriente del producto del reactor R-104.

Flujo Masico (kg/h)	R-104
Agua	14,8845
Hidróxido de sodio	0,0054
Acetato de etilo	0,0006
Etanol	0,0457
Acetato de sodio	0,0003
Acido acético	0,0534
Total	15

Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando la información suministrada por la simulación en Aspen Plus.

En las tablas 129 y 129 se produjo un 0,002% de acetato de sodio que comparado con el porcentaje de agua es casi imperceptible, para este producto de reacción múltiple, se recomienda hacer una purificación del producto usando el tren de evaporadores de la zona CETA. En la siguiente sección podremos evidenciar como las dos unidades se complementan entre sí.

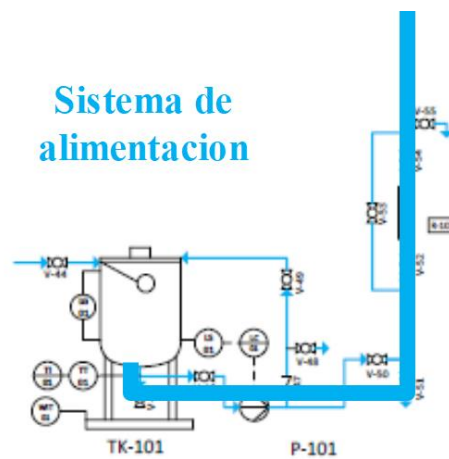
5.2.2. Tren de Evaporadores

A continuación veremos el seguimiento del proceso dentro del tren de evaporadores, explicado de forma esquemática y didáctica para su mayor comprensión, esto para posteriormente ser llevado a la simulación.

Comienzo del proceso (Sistema de alimentación)

Figura 333

Esquema del comienzo del proceso (Sistema de alimentación)

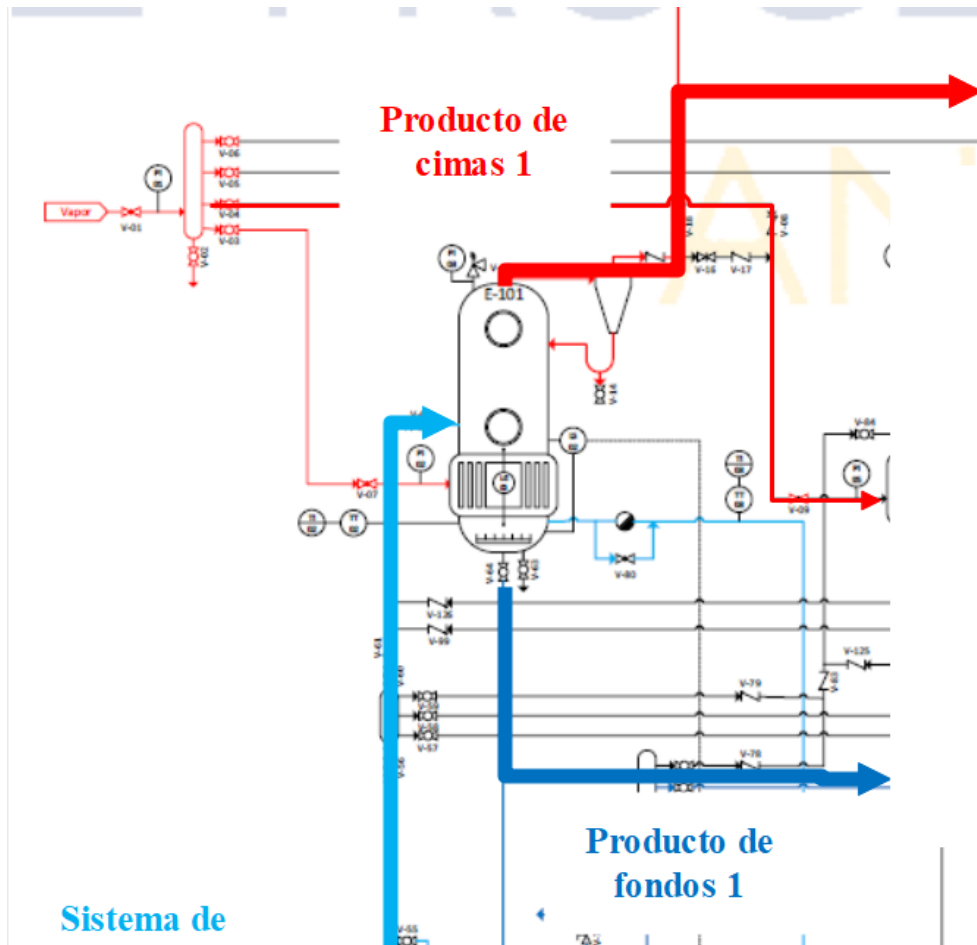


Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [29][40]

Operación en simple efecto

Figura 334

Esquema de la operación simple efecto

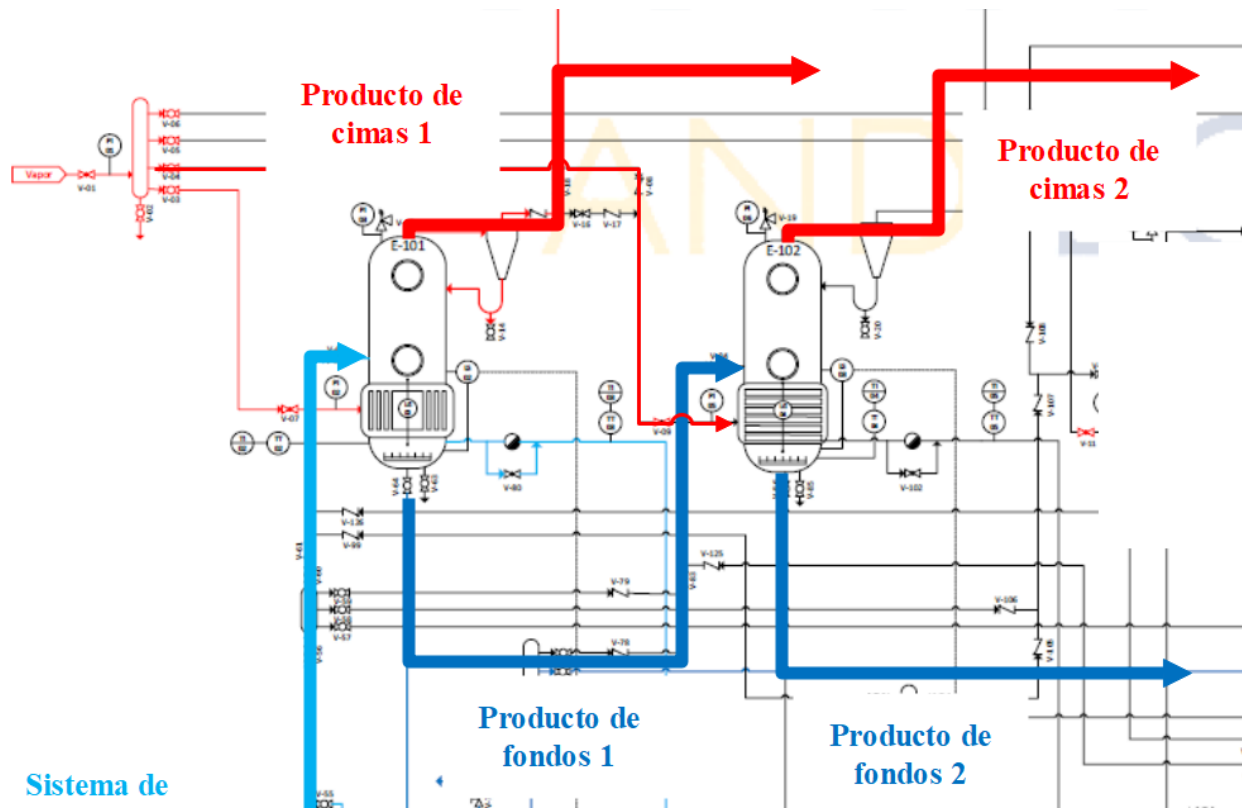


Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [29][40]

Operación en doble efecto

Figura 335

Esquema de la operación en doble efecto

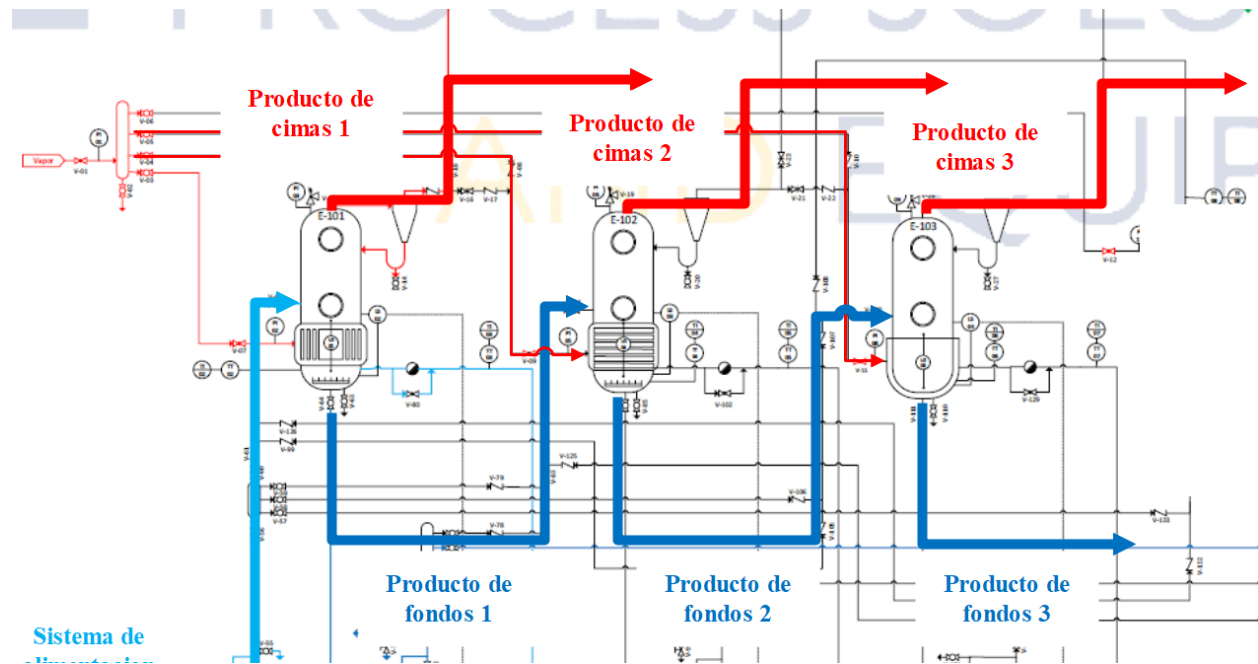


Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [29][40]

Operación en triple efecto

Figura 336

Esquema de la operación en triple efecto

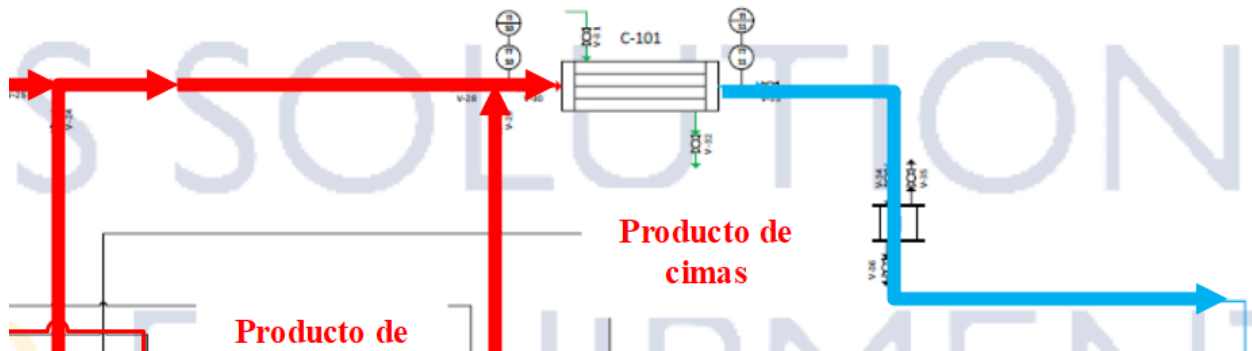


Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [29][40]

Producto de cimas

Figura 337

Esquema del producto de cimas

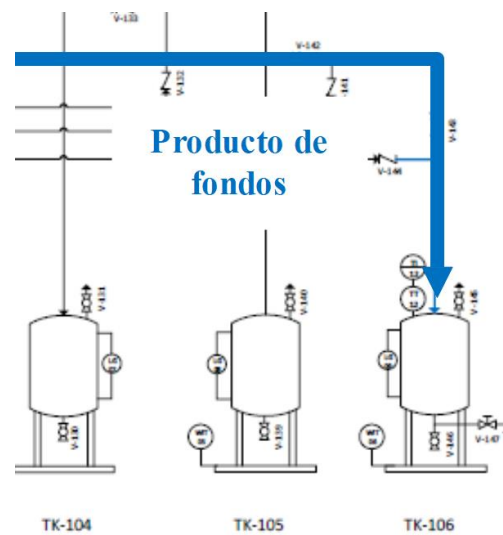


Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [29][40]

Producto de fondos

Figura 338

Esquema del producto de fondos



Nota: El esquema es de elaboración propia, tomando como referencia [29][40]

Debido a que el tren de evaporadores y el banco de reactores coexisten en la misma zona, el producto del banco de reactores es un perfecto ejemplo para utilizar los evaporadores de manera eficiente y conseguir un producto con alta pureza.

Como ya lo vimos anteriormente, los reactores que obtuvieron una conversión más alta de hidróxido de sodio fueron los PFR y PBR, con lo cual el porcentaje de agua dentro de la mezcla es mucho menor que los productos obtenidos en los CSTR. Para este caso tomaremos como corriente de alimentación el producto de los reactores PFR y PBR, ya que se desea obtener la mayor cantidad de Acetato de Sodio posible.

Tabla 145.

Porcentaje en peso de la corriente de alimentación del tren de evaporadores.

Corriente de alimentación	
Fración Másica	PFR y PBR
% Agua	0,9935528
% Hidróxido de sodio	0,0000998
% Acetato de etilo	0,0057704
% Etanol	0,0002075
% Acetato de sodio	0,0003694

Nota: Datos de las fracciones obtenidos del simulador Aspen Plus, luego de hacer la corrida para el banco de reactores

En una evaporación se deben tener en cuenta los puntos de ebullición de las sustancias presentes en la mezcla, para así saber cuáles son las más livianas y las más pesadas, y de esta manera saber cuáles serán del producto de cimbras y de fondos.

Tabla 146.

Puntos de ebullición de las sustancias presentes en la corriente de alimentación del tren de evaporadores.

Sustancia	Punto de ebullición (°C)
% Agua	100,0
% Hidróxido de sodio	1388,0
% Acetato de etilo	77,1
% Etanol	78,4
% Acetato de sodio	881,4

Nota: Datos de los puntos de ebullición obtenidos de Aspen Plus

Como se ve, las sustancias más livianas son el agua, el etanol y el acetato de etilo, por lo cual el producto de nuestra corriente de cimás tendrá estas sustancias presentes. En nuestro producto de fondos encontramos el hidróxido de sodio y el acetato de sodio que son las sustancias más pesadas en la mezcla, cabe aclarar que la sustancia de nuestro interés es el acetato de sodio.

5.2.2.a. **Simulación**

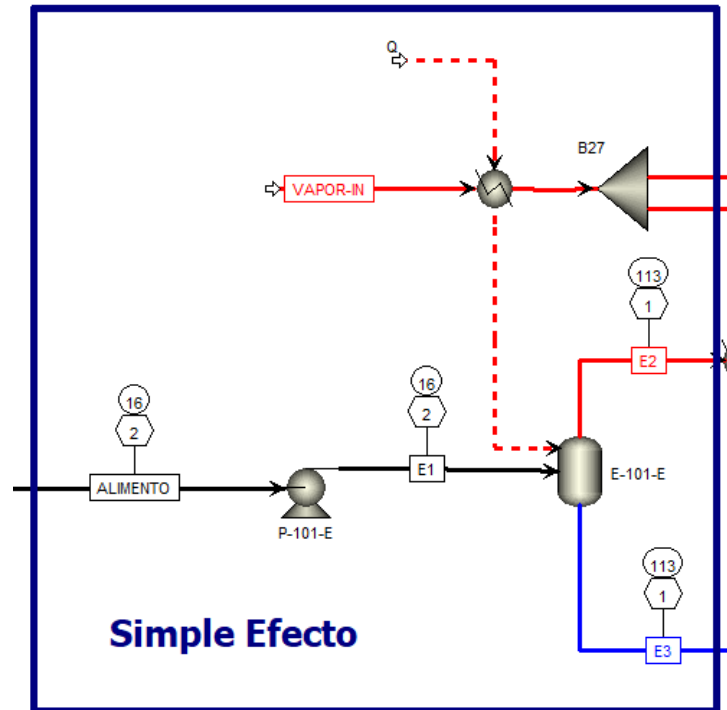
Para empezar, se tuvieron en cuenta las bases de la simulación en el banco de reactores, ya que como se había dicho anteriormente, estos dos equipos se complementan entre sí. La corriente saliente de los reactores PFR y PBR, será ingresada en el tren de evaporadores, empezando por la bomba de la zona de alimentación.

En el simulador Aspen Plus se hace una limitación en el diseño de los evaporadores, ya que este no nos proporciona diferentes tipos, como lo son el de tubos horizontales, tubos verticales, con chaqueta térmica, entre otros. Por ello se decidió hacer una simulación teniendo presente los diferentes efectos que se pueden hacer en el tren de evaporadores, ya sean de simple efecto, doble efecto o triple efecto.

5.2.2.a.i. Simple efecto.

Figura 324.

Simulación evaporador simple efecto.



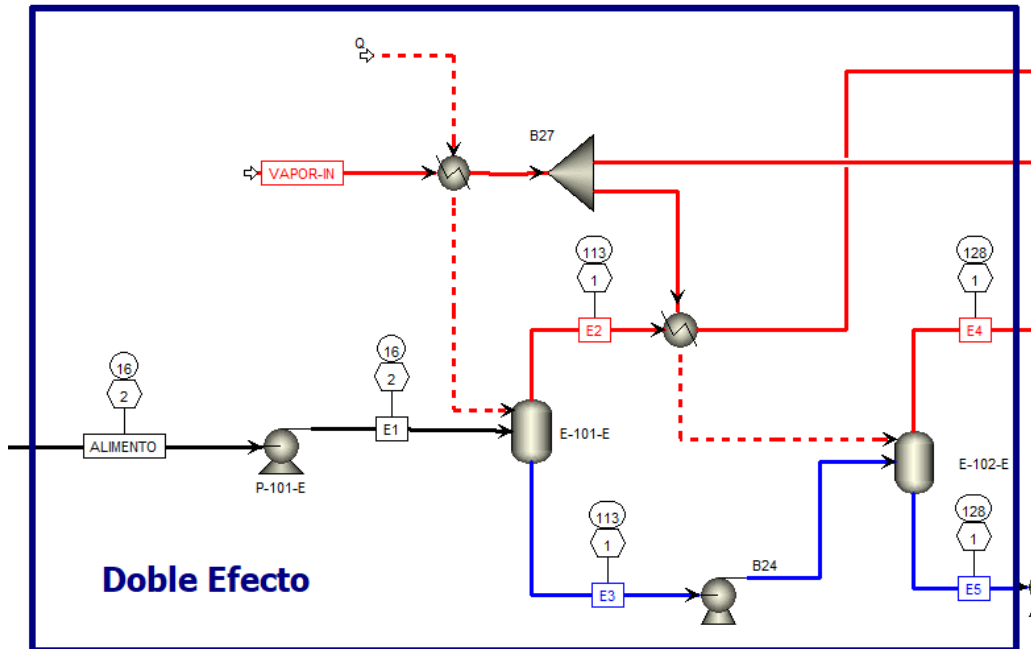
Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

La corriente del alimento ingresa al primer evaporador, simulando una evaporación de simple efecto. En este evaporador entra vapor de agua a una temperatura de 160°C el cual transfiere el calor al alimento para así llevar los componentes ligeros a una temperatura más alta a la de ebullición, en este caso se llegó a una temperatura de 113°C, teniendo en cuenta que el caudal del vapor es de 25 L/h.

5.2.2.a.ii. Doble efecto.

Figura 325.

Simulación evaporador doble efecto.



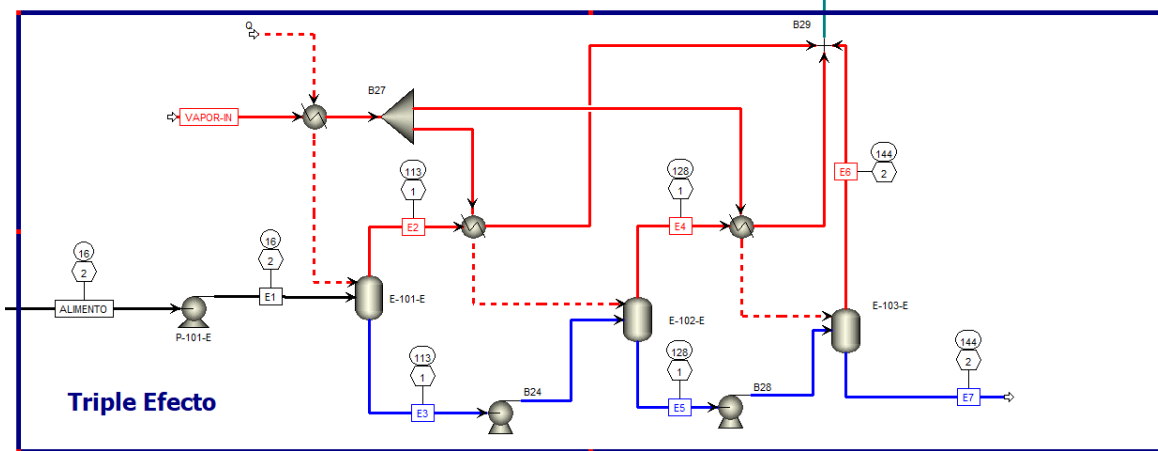
Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

La corriente del producto del primer evaporador ingresa como alimento en el segundo evaporador, simulando una evaporación de doble efecto, el vapor vivo se mezcla con el vapor saliente de la cima del primer evaporador, para aumentar el flujo de transferencia de calor. En este evaporador entra vapor de agua a una temperatura de 160°C el cual transfiere el calor al producto anterior para así llevar los componentes ligeros que no hicieron ebullición a su estado gaseoso, en este caso se llegó a una temperatura de 128°C, teniendo en cuenta que el caudal del vapor es de 30 L/h.

5.2.2.a.iii. Triple efecto.

Figura 326.

Simulación evaporador triple efecto.



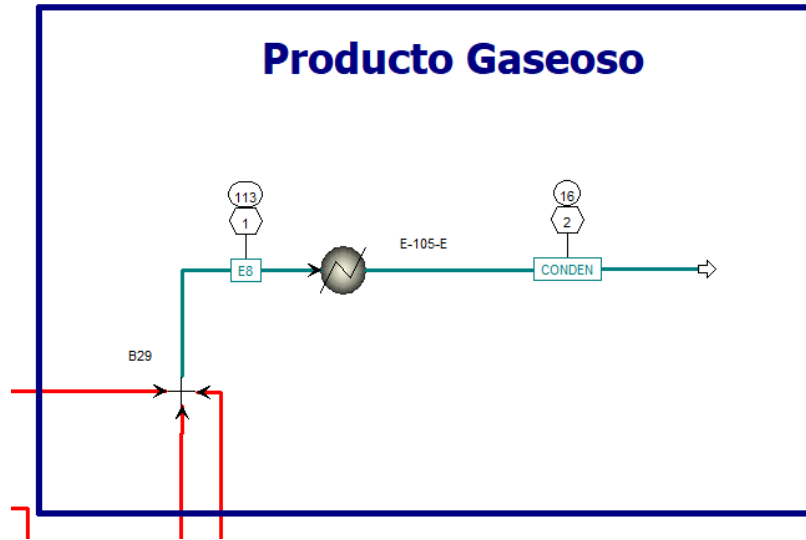
Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

La corriente del producto del segundo evaporador ingresa como alimento en el tercer evaporador, simulando una evaporación de triple efecto, el vapor vivo se mezcla con el vapor saliente de la cima del segundo evaporador, para aumentar el flujo de transferencia de calor. En este evaporador entra vapor de agua a una temperatura de 160°C el cual transfiere el calor al producto anterior para así llevar los componentes ligeros que no hicieron ebullición a su estado gaseoso, en este caso se llegó a una temperatura de 144°C, teniendo en cuenta que el caudal del vapor es de 36 L/h.

5.2.2.a.iv. Sistema de almacenamiento de producto gaseoso.

Figura 327

Simulación sistema de almacenamiento de producto gaseoso



Nota: Imagen recortada de la simulación en Aspen Plus

Todo el vapor vivo mezclado con el vapor producto de las cimas de los tres evaporadores, es llevado al sistema de almacenamiento de producto gaseoso, donde se encuentra un intercambiador de calor con agua de refrigeración para condensar los vapores y llevarlos a una temperatura ambiente.

5.2.2.b. Análisis comparativo.

5.2.2.b.i. Composición en las corrientes.

Los resultados de las composiciones en las corrientes de fondos en los evaporadores tanto para la operación simple efecto como para las operaciones de múltiple efecto, las podemos encontrar en la tabla 147.

Tabla 147.

Corrientes en fondos de los diferentes efectos.

Fracción Másica	Alimento	Simple efecto	Doble efecto	Triple efecto
% Agua	0,9936	0,4567	0,1936	0,1354
% Hidróxido de sodio	0,0001	0,1153	0,1715	0,1839
% Acetato de etilo	0,0058	0,0014	0,0004	0,0002
% Etanol	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
% Acetato de sodio	0,0004	0,4265	0,6345	0,6804

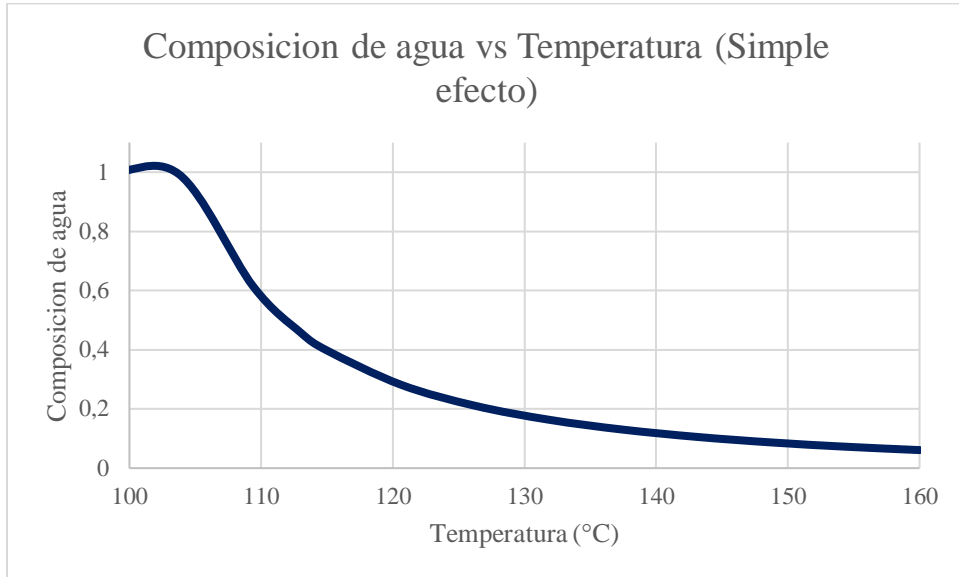
Nota: La tabla es de elaboración propia, tomando la información suministrada por la simulación en Aspen Plus.

Según esta tabla la concentración del agua disminuye a medida pasa por cada uno de los evaporadores, donde llega un alimento con un 99% de agua al primer evaporador, donde se logra disminuir este porcentaje a un 46% de agua. A medida que se lleva al siguiente evaporador este porcentaje disminuye a un 19% y ya en el último evaporador se logra conseguir un porcentaje de 13% de agua en la corriente de producto líquido.

Nuestro componente de interés mantiene un porcentaje de 0,04% en la mezcla del alimento, este porcentaje llegó a aumentar en un 68% luego del tercer evaporador, su pureza se ve opacada por el hidróxido de sodio que está a un 18%, que también es una de las sustancias pesadas, por ello era imposible separar estas sustancias con una evaporación.

Figura 327.

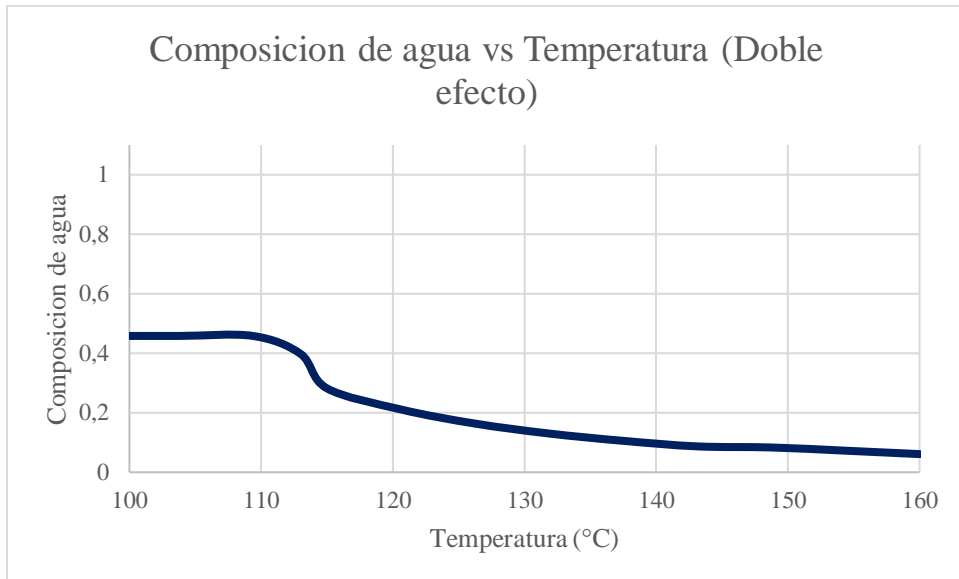
Gráfica composición de agua vs temperatura en simple efecto.



Nota: Gráfica elaborada con los datos de la simulación en Aspen Plus

Figura 328.

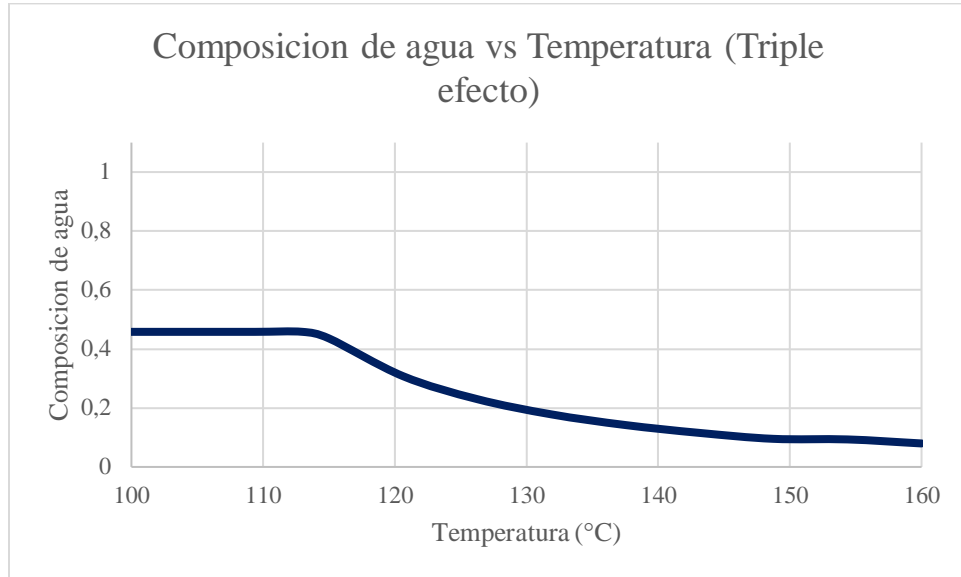
Gráfica composición de agua vs temperatura en doble efecto.



Nota: Gráfica elaborada con los datos de la simulación en Aspen Plus

Figura 329.

Gráfica composición de agua vs temperatura en triple efecto.



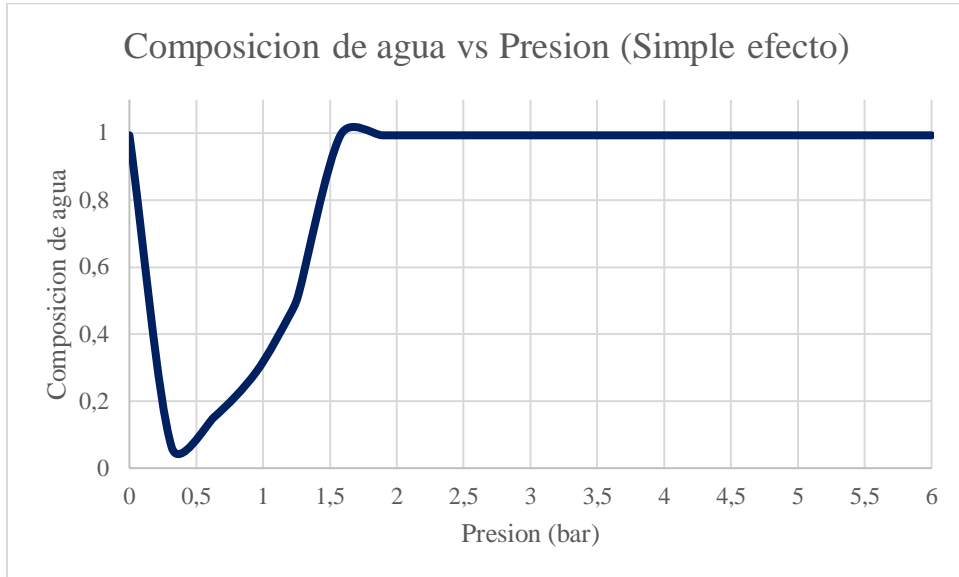
Nota: Gráfica elaborada con los datos de la simulación en Aspen Plus

Las gráficas de las figuras 200, 201 y 202 nos muestran el comportamiento de la corriente de fondo a medida que la temperatura en el evaporador aumenta, la composición de agua de esta corriente es inversamente proporcional a la temperatura, se ve que a mayor temperatura se evapora una mayor cantidad de agua. A medida que se aumentan los evaporadores la media de la composición de agua va disminuyendo, como lo vemos se empieza desde la temperatura de ebullición del agua (100°C) a la temperatura máxima a la que los evaporadores trabajan (160°C), vemos que a medida que se añaden los evaporadores la composición del agua disminuye.

También se evidencia que a la temperatura de 160°C se puede evaporar una gran cantidad de agua, pero por temas de costos energéticos el vapor vivo no puede superar temperaturas mayores a 170°C, se recomienda mantener temperaturas entre los 110°C-145°C.

Figura 330.

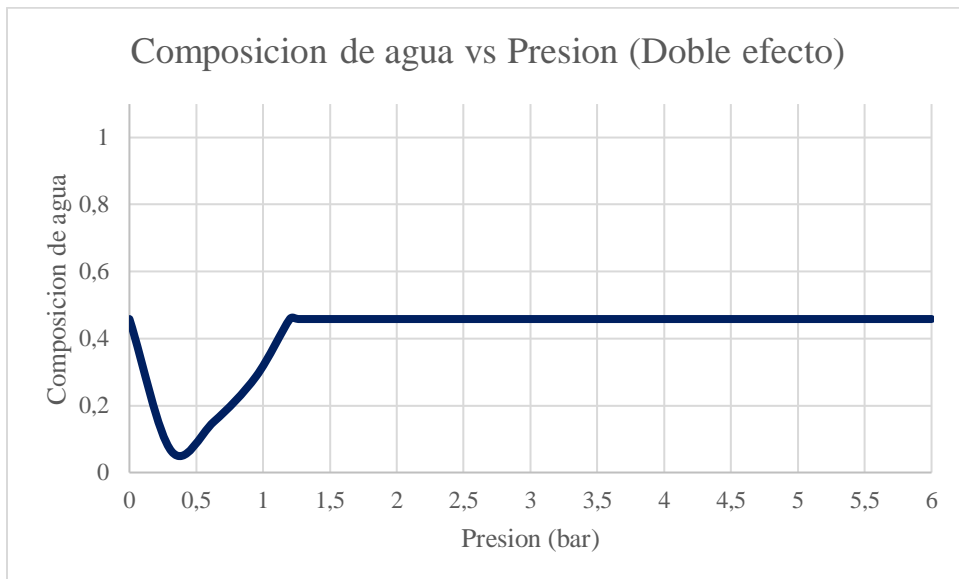
Gráfica composición de agua vs presión en simple efecto.



Nota: Gráfica elaborada con los datos de la simulación en Aspen Plus

Figura 331.

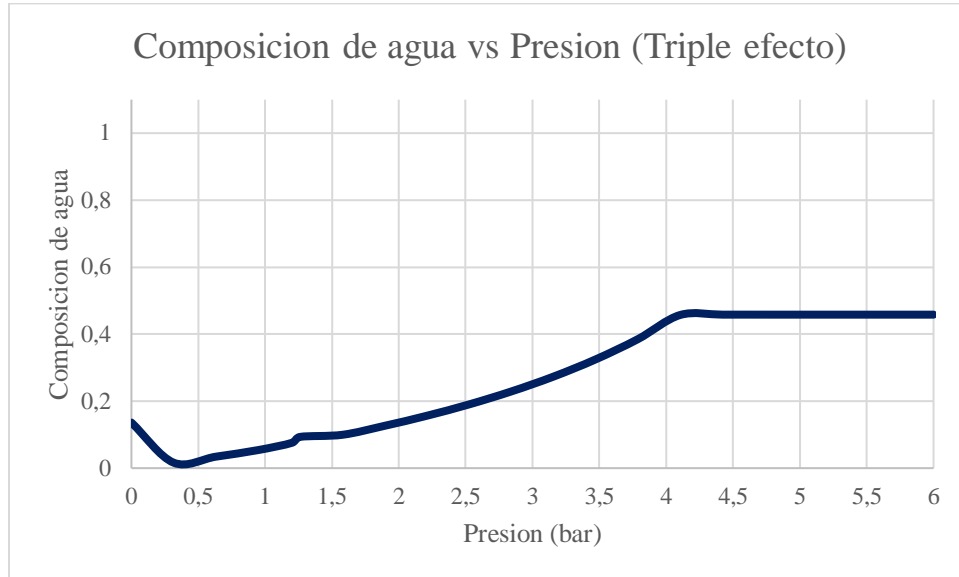
Gráfica composición de agua vs presión en doble efecto.



Nota: Gráfica elaborada con los datos de la simulación en Aspen Plus

Figura 332.

Gráfica composición de agua vs presión en triple efecto.



Nota: Grafica elaborada con los datos de la simulación en Aspen Plus

Las gráficas de las figuras 203, 204 y 205 nos muestran el comportamiento de la corriente de fondo a medida que la presión en el evaporador aumenta, la composición de agua de esta corriente es directamente proporcional a la presión, se ve que a mayor presión se evapora menos cantidad de agua. A medida que se aumentan los evaporadores la media de la composición de agua va disminuyendo, como lo vemos se empieza desde una presión de vacío (0 bar) a una presión máxima (6 bar), vemos que a medida que se añaden los evaporadores la composición del agua disminuye.

También se evidencia que a la presión de 0,4 bar se puede evaporar una gran cantidad de agua, por ello se recomienda realizar la operación en presiones por debajo de la atmosférica, ya que sin importar el efecto en el que se encuentre esta presión favorece bastante la evaporación del agua.

6. LINEAMIENTOS Y PROTOCOLOS PARA LA PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN DEL CETA

6.1. Aspectos de seguridad industrial: HAZOP y WHAT IF

Para determinar los aspectos relevantes de seguridad en la zona CETA de la planta CEPIIS, se tuvo en cuenta la identificación de riesgos a partir de 2 matrices de riesgo operativo previamente realizadas en la tesis: PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DE RIESGO EN EL CENTRO DE PROCESOS E INNOVACIÓN PARA LA INDUSTRIA SOSTENIBLE (CEPIIS) DE LA UNIVERSIDAD DE AMÉRICA UTILIZANDO LAS HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF, HAZOP Y LA METODOLOGÍA BOW-TIE [66] por Mariana Espitia y Mateo Vargas en su informe para optar a Ingenieros químicos de la universidad de América. Esta información, junto a la identificación de parámetros obtenidos en el trabajo de campo realizado a otras plantas y las condiciones estructurales de la zona, se tomaron como base para generar las listas de chequeo de los requisitos de seguridad de los equipos, estableciendo una valorización de riesgos específicamente enfocada en la iniciación y puesta en marcha de las unidades de reacción química: Banco de reactores y tren de evaporadores.

Las herramientas referenciadas What If y HAZOP siendo métodos predictivos y analíticos basados en escenarios presentaron estudios de evaluación de riesgo, donde el alcance y la complejidad dependieron del rigor de investigación, número y tipo de riesgos identificados. La inclusión gradual de las tres matrices, de la más general (What If) a la más específica el (Bow Tie) contienen información

A continuación, se hace referencia a los aspectos de seguridad considerados en cada matriz.

Clasificación de riesgo utilizada para la elaboración de la herramienta HAZOP en la tesis referenciada.

Nota: Para ver el WHAT IF y el HAZOP completos, visitar la siguiente página de anexos.

https://drive.google.com/drive/folders/1ETrBW-4NCf53ZTQ6UdUYFRDSWt87n9fo?usp=share_link

Figura 333.

Identificación de peligros y valoración de riesgos.

Nivel de riesgo	Valor de NR	Significado
I	4000-600	Situación Crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo está bajo control- Intervención urgente.
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control de inmediato. Sin embargo, suspenda actividades, si el nivel de riesgo está por encima o igual de 360
III	120-40	Establecer un plan de mejora. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	Mantener las medidas de control existentes, pero se debería considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún se aceptable

Riesgo	Rango	Acción
Bajo	0,04 a 0,16	Mantener las medidas de control existentes, pero se deben considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para Asegurar que el riesgo es aún tolerable; Aceptable
Medio	0,20 a 0,36	Mejorar si es posible, justificar la intervención y rentabilidad; Aceptable
Alto	0,40 a 0,64	Corregir y adoptar medidas de control inmediato. Evaluar en conjunto con el dueño de proceso y el grupo HSEQ si se requiere suspensión de actividades; riesgo no aceptable o aceptable con control específico.
Crítico	0,8 a 1,00	Situación grave, suspender actividades hasta que el riesgo este bajo control; riesgo no aceptable.

Nota: Tomado de [67]

6.1.1. WHAT IF Zona CETA – Banco de reactores

Con base en la matriz WHAT-IF referenciada anteriormente, se hizo un paralelo con la información tomada de los manuales de PS&E, en donde se contrastó la información obtenida de los ítems:

¿Qué pasaría si?, consecuencias, riesgos y recomendaciones de la unidad del banco de reactores de la zona CETA vs las principales precauciones aportadas por el fabricante PS&E y los requerimientos para la operación e instalación que hacían referencia directamente a las situaciones o eventos que se estudiaron en el WHAT-IF, con el fin de proponer listas de chequeo que recopilaran la mayor información entorno a los eventos potenciales más agravantes percibidos tanto por los operarios y usuarios de la unidad, como de los percibidos como probables por parte de los fabricantes de los equipos.

6.1.2. WHAT IF Zona CETA – Tren de evaporadores

Igualmente para el tren de evaporadores se realizó un paralelo de la información obtenida en el WHAT-IF de tren de evaporadores referenciado con los criterios: ¿Qué pasaría si?, consecuencias, riesgos y recomendaciones de la unidad del banco de reactores de la zona CETA vs las principales precauciones aportadas por el fabricante PS&E y los requerimientos para la operación e instalación que hacían referencia directamente a las situaciones o eventos que se estudiaron en el WHAT-IF, con el fin de proponer listas de chequeo que recopilaran la mayor información entorno a los eventos potenciales más agravantes percibidos tanto por los operarios y usuarios de la unidad, como de los percibidos como probables por parte de los fabricantes de los equipos.

De esta manera, se construyeron los parámetros de las check list de riesgos operacionales de las unidades de reacción de la zona CETA de la planta piloto CEPIIS.

6.1.3. HAZOP Zona CETA – Tren de Evaporadores

Las matrices HAZOP referenciadas a continuación se presentan como base para identificar los posibles riesgos asociados no solo a los equipos de evaporación, su estructura y su entorno en la zona, sino a los diferentes modos de operación que ofrece la unidad de tren de evaporadores, contemplando así los distintos escenarios que se pueden presentar en la iniciación y puesta en marcha de los equipos.

6.1.4. HAZOP Zona CETA – Banco de reactores

El uso de las matrices HAZOP referenciadas en el banco de reactores se presentan como base para asociar el nivel de riesgo de las recomendaciones aportadas por los fabricantes PS&E con las recomendaciones obtenidas del estudio predictivo HAZOP.

Así, se pudo generar una escala de valores a los riesgos en las check list de requisitos operativos del banco de reactores teniendo como principal aspecto.

6.2. Herramienta Excel para verificaciones CHECK LIST

A partir de la herramienta EXCEL, se tabuló la información recogida en los manuales de operación, aspectos de seguridad, componentes importantes y destacados en el diagnóstico estructural de los equipos y las tablas de relaciones de las matrices WHAT-IF con la información de los manuales del proveedor PS&E para validar los aspectos que más tenían incidencia en las matrices HAZOP con respecto al análisis de operación y seguridad de los equipos de la zona CETA. Se utilizó esta herramienta por su practicidad y fácil acceso, que pretende contribuir a una puesta en marcha más segura.

Para realizar un diagnóstico de la zona CETA práctico y seguro, se desarrollaron 7 check list diseñadas para apoyar el proceso previo a la puesta en marcha.

Las listas están dispuestas para que se desarrollen de forma gradual y en su totalidad:

- Requisitos de seguridad CETA.
- Requisitos operativos Banco de Reactores.
- Requisitos operativos Tren de Evaporadores.
- Diagnóstico estructural Banco de Reactores.
- Diagnóstico estructural Tren de Evaporadores.
- Variables Operativas Banco de Reactores.
- Variables Operativas Tren de Evaporadores.

6.2.1. Ejemplo práctico del funcionamiento de las herramientas de Excel

Mediante los siguientes escenarios se pretende explicar el uso de la lista de comprobación Requisitos de seguridad CETA

ESCENARIO 1: 3 estudiantes y 1 docente se encuentran listos para hacer una práctica experimental en la zona CETA del CEPIIS. Todos estarán a cargo de la operación por lo cual todos deberán completar las listas antes de poner en marcha los equipos. Uno de los estudiantes olvidó el casco, los tapones para los oídos, los guantes de carnaza y en vez de botas de goma lleva tenis. Por otra parte, su compañera con la que planea hacer la práctica olvidó la bata blanca y usa bufanda y manillas.

En la zona hay 2 bombillos, pero uno se ha fundido por que ha estado lloviendo y ha habido caída de carga eléctrica en la planta, ya empieza a oscurecer. Sin embargo, el ambiente se siente muy alegre debido a la inauguración de la zona RESPEL del CEPIIS, a la cual han asistido estudiantes de las diferentes ingenierías y el docente que los acompaña y conoce a profundidad los equipos del CETA debe retirarse 20 minutos para hacer acto de presencia en la inauguración que se lleva a cabo paralelamente.

Después de evaluar las condiciones en que se encuentran, los estudiantes deciden completar la lista y este es el resultado:

Nivel de riesgo en la operación: **ALTO**

¿Se recomienda hacer la puesta en marcha?: NO

Figura 334.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos de Seguridad del CETA” en nivel alto.

CHECK LIST REQUISITOS DE SEGURIDAD EN LA ZONA CETA

Marcar con X si cumple, si no cumple se marca automáticamente

Ejemplo	Cumple	No cumple
Buena iluminación en la zona		X

Elementos de protección personal (Sección 2.2.5)

	Cumple	No cumple
1 Casco		X
2 Tapones para los oídos		X
3 Cubrecaras o gafas de seguridad	X	
4 Mascaras contra gases tóxicos		X
5 Guantes de carmaza (Solo operador)		X
6 Botas de gomas		X
¿Se cumple con la mayoría de elementos de protección personal?		NO

Recomendaciones de orden personal (Sección 2.2.4)

	Cumple	No cumple
1 Bata blanca u overol		X
2 Calzado cerrado	X	
3 Cabello recogido		X
4 No usar accesorios		X
5 No usar bufandas		X
6 No ingerir alimentos		X
7 Higiene personal		X
¿Se cumple con la mayoría de recomendaciones de orden personal?		NO

Recomendaciones de la zona (Sección 2.2.3)

	Cumple	No cumple
1 Pasillos despejados	X	
2 Entradas y salidas despejadas		X
3 Sitio ordenado y aseado	X	
4 Zona de seguridad despejada		X
5 Buena iluminación		X
6 Personal capacitado		X
¿Se cumple con la mayoría de recomendaciones de la zona?		NO

Marcar con X si NO esta presente el peligro, si esta presente se marca automáticamente

Ejemplo	Presente	No presente
Peligro de explosión	X	

Peligros de la zona (Sección 2.2.1)

	Presente	No presente
1 Peligro de explosión		X
2 Riesgo eléctrico	X	
3 Superficies calientes	X	
4 Riesgo de caída de objetos	X	
5 Peligro por corrosión	X	
6 Peligro de ruidos fuertes		X
7 Peligro de radiación	X	
8 Iluminación deficiente		X
9 Peligro por toxicidad		X
10 Peligro para la salud (Sustancias cancerígenas)		X
¿Hay demasiados peligros presentes?		SI

Tener en cuenta lo siguiente antes de llenar la lista:

- Si una sección no es marcada con X, se prevé que no se está cumpliendo
- Algunas secciones son más riesgosas por lo que si no se cumplen, lo más seguro es que la puesta en marcha no se pueda hacer

Por favor completar el siguiente ítem:

Numero de personas en la operación:

El numero de personas en los alrededores de la operación no puede ser mayor a 10, debido a las áreas de la zona

El nivel de riesgo se mide en base a la lista, debe cumplir con ciertos estandares para ser de nivel BAJO

Nivel de riesgo en la operación:

Si el nivel de riesgo en la operación es MEDIO o ALTO no se recomienda hacer la puesta en marcha

¿Se recomienda hacer la puesta en marcha?

Si no es recomendado hacer la puesta en marcha, es porque debe tener estos peligros presentes o no cumple estas recomendaciones:

Peligros con mas alto riesgo

- Peligro de explosión
- Iluminación deficiente
- Peligro para la salud
- Hay demasiados peligros presentes

Recomendaciones que deberían cumplirse

- No se cumple con la mayoría de elementos de protección personal
- No se cumple con la mayoría de recomendaciones de orden personal
- No se cumple con la mayoría de recomendaciones de la zona
- No se cumplió con la eliminación de los posibles riesgos y accidentes
- Buena iluminación
- Estado estructural de los equipos
- Tener a más de dos personas en la operación de los equipos
- No calentar recipientes cerrados
- No portar líquidos inflamables
- No fumar en la zona

Nota: Check List elaborada por el equipo CEPIIS.

ESCENARIO 2: Los estudiantes deciden comprar el bombillo que se ha fundido y darle tiempo al docente que los acompaña para que vuelva y haga la práctica con ellos de una forma más segura. Uno de los asistentes al evento tiene casco y tapones para los oídos y se los presta al estudiante que los olvidó para la práctica. Mientras tanto el evento se da por finalizado y los asistentes se retiran de la planta. La compañera no consiguió bata blanca, pero decidió quitarse los accesorios y guardar la bufanda porque ya cesó la lluvia. El docente llega con sus elementos de protección personal dispuesto a emprender el uso de los equipos, sin embargo, luego de evaluar las condiciones en que se encuentran, los estudiantes deciden completar la lista y este es el resultado:

Nivel de riesgo en la operación: **MEDIO**

¿Se recomienda hacer la puesta en marcha?: NO

Figura 335.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos de Seguridad del CETA” en nivel medio.

CHECK LIST REQUISITOS DE SEGURIDAD EN LA ZONA CETA

Marcar con X si cumple, si no cumple se marca automaticamente

Ejemplo	Cumple	No cumple
Buena iluminacion en la zona	X	

Elementos de proteccion personal (Seccion 2.2.5)	Cumple	No cumple
1 Casco	X	
2 Tapones para los oidos	X	
3 Cubrecaras o gafas de seguridad	X	
4 Mascara contra gases toxicos		X
5 Guantes de carmaza (Solo operador)		X
6 Botas de gomas		X
¿Se cumple con la mayoria de elementos de proteccion personal?	SI	

Recomendaciones de orden personal (Seccion 2.2.4)	Cumple	No cumple
1 Bota blanca u overol		X
2 Calzado cerrado	X	
3 Cabello recogido	X	
4 No usar accesorios	X	
5 No usar bufandas	X	
6 No ingerir alimentos	X	
7 Higiene personal	X	
¿Se cumple con la mayoria de recomendaciones de orden personal?	SI	

Recomendaciones de la zona (Seccion 2.2.3)	Cumple	No cumple
1 Pasillos despejados	X	
2 Entradas y salidas despejadas	X	
3 Sitio ordenado y aseado	X	
4 Zona de seguridad despejada	X	
5 Buena iluminacion	X	
6 Personal capacitado		X
¿Se cumple con la mayoria de recomendaciones de la zona?	SI	

Marcar con X si NO esta presente el peligro, si esta presente se marca automaticamente

Ejemplo	Presente	No presente
Peligro de explosion	X	

Peligros de la zona (Seccion 2.2.2)	Presente	No presente
1 Peligro de explosion		X
2 Riesgo electrico		X
3 Superficies calientes		X
4 Riesgo de caida de objetos		X
5 Peligro por corrosion	X	
6 Peligro de ruidos fuertes	X	
7 Peligro de radiacion	X	
8 Iluminacion deficiente		X
9 Peligro por toxicidad		X
10 Peligro para la salud (Sustancias cancerigenas)		X
¿Hay demasiados peligros presentes?	SI	

Tener en cuenta lo siguiente antes de llenar la lista:

- Si una seccion no es marcada con X, se prevee que no se esta cumpliendo
- Algunas secciones son mas riesgosas por lo que si no se cumplen, lo mas seguro es que la puesta en marcha no se pueda hacer

Por favor completar el siguiente item:

Numero de personas en la operacion:

El numero de personas en los alrededores de la operacion no puede ser mayor a 10, debido a las areas de la zona

El nivel de riesgo se mide en base a la lista, debe cumplir con ciertos estandares para ser de nivel BAJO

Nivel de riesgo en la operacion:

Si el nivel de riesgo en la operacion es MEDIO o ALTO no se recomienda hacer la puesta en marcha

¿Se recomienda hacer la puesta en marcha?

Si no es recomendado hacer la puesta en marcha, es porque debe tener estos peligros presentes o no cumple estas recomendaciones:

Peligros con mas alto riesgo
Peligro de explosion
Iluminacion deficiente
Peligro para la salud
Hay demasiados peligros presentes

Recomendaciones que deberian cumplirse
No se cumple con la mayoria de elementos de proteccion personal
No se cumple con la mayoria de recomendaciones de orden personal
No se cumple con la mayoria de recomendaciones de la zona
No se cumplio con la eliminacion de los posibles riesgos y accidentes
Buena iluminacion
Estado estructural de los equipos
Tener a mas de dos personas en la operacion de los equipos
No calentar recipientes cerrados
No portar liquidos inflamables
No fumar en la zona

Nota: Check List elaborada por el equipo CEPIIS.

ESCENARIO 3: El docente listo para empezar, les explica el funcionamiento de los equipos, revisa las guías de operación y pone en la mesa los manuales dejando a cargo a un monitor para emprender el uso de estos mientras él acompaña simultáneamente a otro grupo que está realizando otra práctica en la zona CESI, el monitor les recomienda a los estudiantes hacer uso de una toalla para limpiar el piso que se alcanzó a mojar luego de la lluvia y el gran flujo de personas que hubo

en la planta. Ya se puede sentir la planta desocupada porque el ruido circundante disminuyó. Sin embargo, luego de evaluar las condiciones en que se encuentran, los estudiantes deciden completar la lista y este es el resultado:

Nivel de riesgo en la operación: **BAJO**

¿Se recomienda hacer la puesta en marcha?: **SI**

Figura 336.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos de Seguridad del CETA” en nivel bajo.

CHECK LIST REQUISITOS DE SEGURIDAD EN LA ZONA CETA

Marcar con X si cumple, si no cumple se marca automáticamente

Ejemplo	Cumple	No cumple
Buena iluminación en la zona	X	

Tener en cuenta lo siguiente antes de llenar la lista:

- Si una sección no es marcada con X, se prevee que no se está cumpliendo
- Algunas secciones son más riesgosas por lo que si no se cumplen, lo más seguro es que la puesta en marcha no se pueda hacer

Por favor completar el siguiente ítem:

Numero de personas en la operación:

El número de personas en los alrededores de la operación no puede ser mayor a 10, debido a las áreas de la zona

El nivel de riesgo se mide en base a la lista, debe cumplir con ciertos estándares para ser de nivel BAJO

Nivel de riesgo en la operación:

Si el nivel de riesgo en la operación es MEDIO o ALTO no se recomienda hacer la puesta en marcha

¿Se recomienda hacer la puesta en marcha?

Si no es recomendado hacer la puesta en marcha, es porque debe tener estos peligros presentes o no cumple estas recomendaciones:

Peligros con mas alto riesgo
Peligro de explosión
Iluminación deficiente
Peligro para la salud
Hay demasiados peligros presentes

Recomendaciones que deberían cumplirse
No se cumple con la mayoría de elementos de protección personal
No se cumple con la mayoría de recomendaciones de orden personal
No se cumple con la mayoría de recomendaciones de la zona
No se cumplió con la eliminación de los posibles riesgos y accidentes
Buena iluminación
Estado estructural de los equipos
Tener a más de dos personas en la operación de los equipos
No calentar recipientes cerrados
No portar líquidos inflamables
No fumar en la zona

Elementos de protección personal (Sección 2.2.5)	Cumple	No cumple
1 Casco	X	
2 Tapones para los oídos	X	
3 Cubrecaras o gafas de seguridad	X	
4 Mascarilla contra gases tóxicos		X
5 Guantes de carmaza (Solo operador)		X
6 Botas de gomas		X
¿Se cumple con la mayoría de elementos de protección personal?		SI

Recomendaciones de orden personal (Sección 2.2.4)	Cumple	No cumple
1 Bata blanca u overol		X
2 Calzado cerrado	X	
3 Cabello recogido	X	
4 No usar accesorios	X	
5 No usar bufandas	X	
6 No ingerir alimentos	X	
7 Higiene personal	X	
¿Se cumple con la mayoría de recomendaciones de orden personal?		SI

Recomendaciones de la zona (Sección 2.2.3)	Cumple	No cumple
1 Pasillos despejados	X	
2 Entradas y salidas despejadas	X	
3 Sitio ordenado y aseado	X	
4 Zona de seguridad despejada	X	
5 Buena iluminación	X	
6 Personal capacitado		X
¿Se cumple con la mayoría de recomendaciones de la zona?		SI

Marcar con X si NO está presente el peligro, si está presente se marca automáticamente

Ejemplo	Presente	No presente
Peligro de explosión	X	

Peligros de la zona (Sección 2.2.2)	Presente	No presente
1 Peligro de explosión		X
2 Riesgo eléctrico		X
3 Superficies calientes		X
4 Riesgo de caída de objetos		X
5 Peligro por corrosión		X
6 Peligro de ruidos fuertes		X
7 Peligro de radiación	X	
8 Iluminación deficiente		X
9 Peligro por toxicidad		X
10 Peligro para la salud (Sustancias cancerígenas)		X
¿Hay demasiados peligros presentes?		NO

Nota: Check List elaborada por el equipo CEPIIS.

Como se puede evidenciar, la lista no recomienda hacer la puesta en marcha si existe un nivel de riesgo en la operación ALTO o MEDIO, esto depende del cumplimiento estricto de unas condiciones preponderantes a otras por el nivel de peligro asociado. Así mismo, en la lista se pone en evidencia cuales son los peligros con más alto riesgo para la zona CETA y las recomendaciones

que deben cumplirse para obtener una aceptación para la puesta en marcha. Cabe destacar que este ejemplo se llevó a cabo con la primera lista de chequeo de 7 correspondientes al plan de validación de equipos de la zona CETA propuestos en esta investigación y dispuestos en link y código QR en el contenido de este proyecto. Todas las listas son dinámicas y advierten el nivel de riesgo en la operación a partir del cumplimiento o no de las condiciones necesarias para hacer una puesta en marcha segura. Pueden llegar a ser un recurso muy útil si se usan de forma consiente y responsable.

6.2.2. *Check List requerimientos de seguridad del CETA*

Esta check list contiene los aspectos generales de la zona CETA previos a la puesta en marcha, donde se tuvieron en cuenta: aspectos de protección personal, recomendaciones de orden personal, recomendaciones de la zona, peligros de la zona, factores de eliminación de riesgos de posibles accidentes y se describen los peligros con más alto riesgo y las recomendaciones que deben cumplirse bajo la metodología de validación de equipos propuesta. El objetivo de esta lista de chequeo es recopilar información que en conjunto determina la viabilidad o no de la puesta en marcha.

Los ítems usados para calificar el nivel de riesgo de la operación conducen al operario a ver la factibilidad del uso de los equipos. El diseño de la lista dinámica describe el progreso del nivel de riesgo, siendo **ALTO** cuando no se cumplen las condiciones mínimas de operación y por lo tanto no se recomienda hacer una puesta en marcha; **MEDIO** cuando se cumplen algunas condiciones de operación pero no suficientes o no se cumplen las condiciones y/o recomendaciones obligatorias para realizar una puesta en marcha segura y controlada, y **BAJO** cuando se cumplen todas las condiciones y recomendaciones de operación y/o se cumplen las condiciones y recomendaciones de operación suficientes y obligatorias para una puesta en marcha segura.

A continuación se muestran algunos de los criterios para considerar en la check list de requisitos de operación del Banco de reactores y valores asociados al nivel de riesgo.

Figura 337.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos de Seguridad del CETA”

CHECK LIST REQUISITOS DE SEGURIDAD EN LA ZONA CETA

Marcar con X si cumple, si no cumple se marca automáticamente

Ejemplo	Cumple	No cumple
Buena iluminación en la zona		X

Elementos de protección personal (Sección 2.2.5)		Cumple	No cumple
1 Casco			X
2 Tapones para los oídos			X
3 Cubrecaras o gafas de seguridad	X		
4 Mascara contra gases tóxicos			X
5 Guantes de carmaza (Solo operador)			X
6 Botas de gomas			X
¿Se cumple con la mayoría de elementos de protección personal?		NO	

Recomendaciones de orden personal (Sección 2.2.4)		Cumple	No cumple
1 Bata blanca u overol			X
2 Calzado cerrado	X		
3 Cabello recogido			X
4 No usar accesorios			X
5 No usar bufandas			X
6 No ingerir alimentos			X
7 Higiene personal			X
¿Se cumple con la mayoría de recomendaciones de orden personal?		NO	

Recomendaciones de la zona (Sección 2.2.3)		Cumple	No cumple
1 Pasillos despejados	X		
2 Entradas y salidas despejadas			X
3 Sitio ordenado y aseado	X		
4 Zona de seguridad despejada			X
5 Buena iluminación			X
6 Personal capacitado			X
¿Se cumple con la mayoría de recomendaciones de la zona?		NO	

Marcar con X si NO esta presente el peligro, si esta presente se marca automáticamente

Ejemplo	Presente	No presente
Peligro de explosión	X	

Peligros de la zona (Sección 2.2.2)		Presente	No presente
1 Peligro de explosión			X
2 Riesgo eléctrico		X	
3 Superficies calientes		X	
4 Riesgo de caída de objetos		X	
5 Peligro por corrosión		X	
6 Peligro de ruidos fuertes			X
7 Peligro de radiación		X	
8 Iluminación deficiente			X
9 Peligro por toxicidad			X
10 Peligro para la salud (Sustancias cancerígenas)			X
¿Hay demasiados peligros presentes?		SI	

Tener en cuenta lo siguiente antes de llenar la lista:

- Si una sección no es marcada con X, se prevee que no se está cumpliendo
- Algunas secciones son más riesgosas por lo que si no se cumplen, lo más seguro es que la puesta en marcha no se pueda hacer

Por favor completar el siguiente ítem:

Numero de personas en la operación:

El numero de personas en los alrededores de la operación no puede ser mayor a 10, debido a las áreas de la zona

El nivel de riesgo se mide en base a la lista, debe cumplir con ciertos estándares para ser de nivel BAJO

Nivel de riesgo en la operación

Si el nivel de riesgo en la operación es MEDIO o ALTO no se recomienda hacer la puesta en marcha

¿Se recomienda hacer la puesta en marcha?

Si no es recomendado hacer la puesta en marcha, es porque debe tener estos peligros presentes o no cumple estas recomendaciones:

Peligros con mas alto riesgo
Peligro de explosión
Iluminación deficiente
Peligro para la salud
Hay demasiados peligros presentes

Recomendaciones que deberían cumplirse
No se cumple con la mayoría de elementos de protección personal
No se cumple con la mayoría de recomendaciones de orden personal
No se cumple con la mayoría de recomendaciones de la zona
No se cumple con la eliminación de los posibles riesgos y accidentes
Buena iluminación
Estado estructural de los equipos
Tener a más de dos personas en la operación de los equipos
No calentar recipientes cerrados
No portar líquidos inflamables
No fumar en la zona

Nota: Check List elaborada por nosotros, para ver de mejor manera esta check list, visitar.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1FsQWPS3YhKikNKYJLcm9t4XFX5OhvR3Y/edit?usp=share_link&owid=104688621524253418380&rtpof=true&sd=true

Tabla 148.

Tabla de niveles de riesgo asociado a los factores de riesgo del banco de reactores.

Precauciones importantes aportadas por el fabricante del equipo PS&E		Descripción	Nivel de riesgo
1	Uso de elementos de protección en planta	Emplear los elementos de protección personal todo el tiempo mientras se están operando los equipos.	4
2	Operadores de los equipos	Operar el proceso con mínimo dos personas para evitar accidentes, y respaldar y/o relevar en las actividades del proceso	4
3	Responsabilidad del personal a cargo de la planta	Informar a la persona responsable el inicio y parada de operación en la planta.	4
4	Ventilación	Operar el equipo en una zona con ventilación adecuada para evitar acumulación de vapores de reactivos	2
5	Responsabilidad y compromiso con el proceso en curso	No separarse de las unidades de proceso por tiempo prolongado. Si es necesario ausentarse, avisar al relevo.	2
6	Límites de permanencia en planta.	Las personas que operan el equipo no deben trabajar más de 8 horas continuas sin descanso	4
7	Seguridad eléctrica	Evitar el acceso al panel interno de las cajas eléctricas	2
8	Descargue del sistema	Nunca descargue el sistema en caliente. Dejar que el equipo se enfríe hasta una temperatura de 25°C para descargarlo	4
9	Limpieza de la unidad	Dejar los equipos limpios y lavados después de la operación evitando la corrosión y la contaminación cruzada entre lotes de procesamiento.	3
10	Descargue del tanque	Para descargar el tanque siempre utilizar overol, guantes de carnaza y si es posible una pechera del mismo material para evitar quemaduras si el material aún está caliente	3
11	Almacenamiento de reactivos	Almacenar los reactivos en los lugares adecuados. Usar envases de material inerte para evitar su desnaturalización.	2
12	Mantenimiento de equipos	Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de la unidad de proceso mínimo anualmente.	4
13	Revisión de tuberías y accesorios	Ajustar las tuberías que presenten fugas o goteos, cambiar el empaque que sella entre el tanque y la tapa cuando se requiera, limpiar frecuentemente los equipos por acumulación de polvo o materiales extraños.	3
14	Riesgo Eléctrico	Evitar el acceso al panel interno de las cajas eléctricas	2
15	Fugas o Escapes	Si se presentan escapes o fugas, remediarlas cuando sea posible con las herramientas disponibles. Si la magnitud de la fuga es grande detener la operación y dejar enfriar para poder resolver el problema con seguridad.	3

Nota: Tabla elaborada por nosotros, tomando como referencia [8][29]

Donde en la escala 4 representa el riesgo más alto y 0 el riesgo más bajo para una potencial puesta en marcha de la unidad bajo los criterios operativos y de seguridad

Siendo las siguientes de carácter obligatorio para la viabilidad de la puesta en marcha de la unidad:

Tabla 149.

Tabla de precauciones mínimas aportadas por el fabricante que deberían cumplirse.

Precauciones mínimas aportadas por el fabricante que deberían cumplirse	
Según la lista #	1 - 2 - 3 - 6 - 8 - 9 - 10 - 12 - 13 - 14

Nota: Tabla elaborada por nosotros, tomando como referencia [8][29]

6.2.3. Check List requisitos operativos del banco de reactores

Esta check list contiene los aspectos tomados como relevantes de operación y seguridad de los equipos de la unidad de reacción química: **BANCO DE REACTORES** previos a la puesta en marcha donde se tuvieron en cuenta: requerimientos para la instalación y operación, precauciones importantes aportadas por el fabricante del equipo PS&E, adecuación del sistema para puesta en marcha, requerimientos indispensables para la instalación y requerimientos indispensables para la operación de los equipos en la zona CETA. El objetivo de esta lista de chequeo es recopilar información que en conjunto determina la viabilidad o no de la puesta en marcha del banco de reactores como unidad.

Los ítems usados para calificar el nivel de riesgo de la operación conducen al operario a ver la factibilidad del uso de los equipos. El diseño de la lista dinámica describe el progreso del nivel de riesgo, siendo **ALTO** cuando no se cumplen las condiciones mínimas de operación y por lo tanto no se recomienda hacer una puesta en marcha; **MEDIO** cuando se cumplen algunas condiciones de operación pero no suficientes o no se cumplen las condiciones y/o recomendaciones obligatorias para realizar una puesta en marcha segura y controlada, y **BAJO** cuando se cumplen todas las condiciones y recomendaciones de operación y/o se cumplen las condiciones y recomendaciones de operación suficientes y obligatorias para una puesta en marcha segura.

Figura 338.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos Operativos del Banco de Reactores”.

CHECK LIST REQUISITOS OPERATIVOS BANCO DE REACTORES EN LA ZONA CETA

Marcar con X si cumple, si no cumple se marca automáticamente

Tener en cuenta lo siguiente antes de llenar la lista:

- Si una sección no es marcada con X, se prevee que no se está cumpliendo
- Algunas secciones son más riesgosas por lo que si no se cumplen, lo más seguro es que la puesta en marcha no se pueda hacer

Ejemplo	Descripción	Cumple	No cumple
0	Cuenta con un extintor de fuego	X	
Requerimientos para la Instalación y Operación		Cumple	No cumple
1	Área La unidad requiere un área libre de 3.75 m ² - Alto: 265 cm - Ancho: 250 cm - Profundidad: 150cm	X	
2	Suministro eléctrico Conexión a tierra Voltaje: 220 V Frecuencia: 60 Hz Amperaje: 80 A	X	
3	Agua de Servicio El equipo requiere un flujo mínimo de 4 m ³ /h de agua de enfriamiento con una presión de 2 bar.	X	
4	Líneas de desagüe Tuberías en gres o PVC.	X	
5	Herramientas Llave expansiva Juego de llaves de tuercas Balde para recolección de purgas. Embudo	X	
6	Dispositivos de Almacenamiento Envases de material inerte (vidrio ámbar, HDPE, PP) para toma de muestras. Garrafas o canecas para almacenar reactivos y productos	X	
7	Registro de Información Bitácora de laboratorio -Formatos para registro de datos de proceso. -Formato para registro de manejo del equipo.	X	
8	Elementos de Seguridad y Aseo Botiquín de primeros auxilios Equipo antiderrame Extintor Sellalización de áreas de trabajo, equipos, líneas y rutas de seguridad.	X	
9	Ventilación El equipo debe ubicarse en un lugar con suficiente ventilación, en el cual se garantice la evacuación segura de vapores producidos.		X
¿Se cumple con la mayoría de requerimientos para la Instalación y Operación?		NO	

Por favor completar el siguiente ítem:

Numero de personas en la operación:

El número de personas en los alrededores de la operación no puede ser mayor a 10, debido a las áreas de la zona

El nivel de riesgo se mide en base a la lista, debe cumplir con ciertos estándares para ser de nivel BAJO

Nivel de riesgo en la operación:

Si el nivel de riesgo en la operación es MEDIO o ALTO no se recomienda hacer la puesta en marcha

¿Se recomienda hacer la puesta en marcha?

Si no es recomendado hacer la puesta en marcha, es porque NO CUMPLE con los requerimientos indispensables para la instalación y operación:

Descripción	Cumple	No cumple
1		X
2		X
3		X
4		X
5		X
6		X
7		X
8		X
9		X
10		X
11		X
12		X
13		X
14		X
15		X
¿Se tienen en cuenta las recomendaciones necesarias aportadas por el fabricante de los equipos?		NO

Requerimientos indispensables para la instalación	Requerimientos indispensables para la operación
Área	Elementos de seguridad y aseo
Suministro eléctrico	Dispositivos de almacenamiento
Agua de servicio	
Líneas de desagüe	
Ventilación	

Precauciones mínimas aportadas por el fabricante que deberían cumplirse	
Según la lista #	1 - 2 - 3 - 6 - 8 - 9 - 10 - 12 - 13 - 14

Nota: PARA LA ADECUACIÓN DEL SISTEMA PREVIO A LA PUESTA EN MARCHA, ES DE CARÁCTER OBLIGATORIO CUMPLIR TODOS LOS PASOS PROPUESTOS

Adecuación del sistema para puesta en marcha	Nombre del operario	Cumple	No cumple
1	Ubicar herramientas y elementos de seguridad y aseo	X	
2	Revisar la limpieza de los reactores y tanques	X	
3	Asegurar las tapas de reactores y tanques	X	
4	Verificar el nivel de aceite	X	
5	Verificar el flujo de agua de refrigeración de la planta	X	
6	Verificar que las válvulas de los indicadores de nivel se encuentren abiertas	X	
7	Asegurar que las válvulas de desagüe de los equipos y líneas estén cerradas	X	
¿Se tiene en cuenta el paso a paso para la adecuación del sistema para puesta en marcha?		SI	

Nota: Check List elaborada por nosotros, para ver de mejor manera esta check list, visitar.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/19wihKvX9gh8klvc1H7OrB619uMtg-0I/edit?usp=share_link&oid=104688621524253418380&rtpof=true&sd=true

6.2.4. *Check List requisitos operativos del tren de evaporadores*

Esta check list contiene los aspectos tomados como relevantes de operación y seguridad de los equipos de la unidad de reacción química: **TREN DE EVAPORADORES** previos a la puesta en marcha donde se tuvieron en cuenta: requerimientos para la instalación y operación, precauciones importantes aportadas por el fabricante del equipo PS&E, adecuación del sistema para puesta en marcha, requerimientos indispensables para la instalación y requerimientos indispensables para la operación de los equipos en la zona CETA. El objetivo de esta lista de chequeo es recopilar información que en conjunto determina la viabilidad o no de la puesta en marcha del tren de evaporadores como unidad.

Los ítems usados para calificar el nivel de riesgo de la operación conducen al operario a ver la factibilidad del uso de los equipos. El diseño de la lista dinámica describe el progreso del nivel de riesgo, siendo **ALTO** cuando no se cumplen las condiciones mínimas de operación y por lo tanto no se recomienda hacer una puesta en marcha; **MEDIO** cuando se cumplen algunas condiciones de operación pero no suficientes o no se cumplen las condiciones y/o recomendaciones obligatorias para realizar una puesta en marcha segura y controlada, y **BAJO** cuando se cumplen todas las condiciones y recomendaciones de operación y/o se cumplen las condiciones y recomendaciones de operación suficientes y obligatorias para una puesta en marcha segura.

Figura 339.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Requisitos Operativos del Tren de Evaporadores”.

CHECK LIST REQUISITOS OPERATIVOS TREN DE EVAPORADORES EN LA ZONA CETA

Marcar con X si cumple, si no cumple se marca automáticamente

#	Ejemplo	Descripción	Cumple	No cumple
0	Cuenta con un exáctim de tiempo	Debe estar en un lugar accesible		
Requerimientos para la Instalación y Operación				
1	Área	La unidad requiere un área libre de 10 m ² y una altura de 2.5m para operación en condiciones normales		X
2	Sistema de calentamiento	Valor de caldera a una presión máxima de 30 psi y flujo de 25 kg/h	X	
3	Agua de refrigeración	Se requiere agua proveniente de un sistema de recirculación a presión mínima de 2 bar, y un flujo mínimo de 1 m ³ /h		X
4	Líneas de desagüe	Sistema para desagüe de purgas de agua y otras purgas. Tubo de gres o PVC de agua caliente 1" mínimo	X	
5	Herramientas	2 llaves de tubos para tubería Juego de llaves de torca		X
6	Dispositivos de Almacenamiento	Llaves de material inerte (vidrio ámbar, HDPE, PPE) para toma de muestras. Garrafas o canecas para almacenar la solución de trabajo antes y después de finalizar la operación. Balde para recolección de purgas.	X	
7	Registro de Información	Búsqueda de laboratorio - Formatos para registro de datos de proceso -Formato para registro de manejo del equipo	X	
8	Elementos de Seguridad y Asso	Bolsita de primeros auxilios. Equipo anti-derriame. Extintor. Señalización de áreas de trabajo, equipos, líneas y rutas de seguridad.	X	
9	Ventilación	El equipo debe ubicarse en un lugar con suficiente ventilación, en el cual se garantiza la evacuación segura de vapores producidos.	X	
¿Se cumple con la mayoría de requerimientos para la Instalación y Operación?			NO	

Tener en cuenta lo siguiente antes de llenar la lista:

- Si una sección no es marcada con X, se provee que no se está cumpliendo
- Algunas secciones son más riesgosas por lo que si no se cumplen, lo más seguro es que la puesta en marcha no se pueda hacer

Por favor completar el siguiente ítem:

Numero de personas en la operación: 9

El número de personas en los alrededores de la operación no puede ser mayor a 10, debido a las áreas de la zona.

El nivel de riesgo se mide en base a la lista, debe cumplir con ciertos estándares para ser de nivel BAJO

Nivel de riesgo en la operación BAJO

Si el nivel de riesgo en la operación es MEDIO o ALTO no se recomienda hacer la puesta en marcha

¿Se recomienda hacer la puesta en marcha? NO

Si no es recomendado hacer la puesta en marcha, es porque NO CUMPLE con los requerimientos indispensables para la instalación y operación.

Requerimientos indispensables para la	Requerimientos indispensables para la operación
Área	Sistema de calentamiento
Líneas de desagüe	Agua de refrigeración
Ventilación	Dispositivos de Almacenamiento
	Elementos de Seguridad y Asso

Precauciones mínimas aportadas por el fabricante que deberían cumplirse

Según la lista #	1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 16
------------------	---

Nota: PARA LA ADECUACIÓN DEL SISTEMA PREVIO A LA PUESTA EN MARCHA, ES DE CARÁCTER OBLIGATORIO CUMPLIR TODOS LOS PASOS PROPUESTOS

#	Adecuación del sistema para puesta en marcha	Nombre del operario	Cumple	No cumple
1	Ubicar herramientas y elementos de seguridad y asso		X	
2	Purgar tanques y válvulas incluso si se han lavado en prácticas anteriores		X	
3	Asegurar que las válvulas de purga y toma muestras de los tanques y las líneas de proceso se encuentran limpias y sin bloques que impidan su funcionamiento		X	
4	Cerrar las válvulas de purga de los equipos y tubería para evitar desahogos no controlados		X	
5	Verificar que cada una de las válvulas de salida de los dispositivos para distribución de flujo (manifolds) estén operando		X	
6	Asegurar la disponibilidad de agua de enfriamiento. Si no se cuenta con mínimo 1 m ³ /h de agua para refrigeración no se puede continuar con el proceso.		X	
7	Energizar las cajas eléctricas de controles. Verificar que el sistema cuenta con energía. El testigo luminoso (bombillo) que se encuentra sobre el pulsador de emergencia en la caja eléctrica debe estar encendido.		X	
8	Asegurarse que los indicadores de nivel se encuentran abiertos. Revisar tanque de alimento, tanques de recolección de condensados de vapor vivo, tanque de condensado total y tanque de producto, evaporador vertical, evaporador horizontal y evaporador de chuguetas		X	

Nota: Check List elaborada por nosotros, para ver de mejor manera esta check list, visitar.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1R_IXvdfuTz3Rf5MUdAHZd6ZhME-AZuH/edit?usp=share_link&oid=104688621524253418380&rtprof=true&sd=true

6.2.5. Check List diagnóstico estructural del banco de reactores

Esta check list se diseñó para validar los equipos de la unidad del banco de reactores de la zona CETA del CEPIIS y verificar su estado estructural en la planta previo a la puesta en marcha, la información de los equipos, válvulas y sensores está relacionada con la información entregada en los diagramas de procesos por parte de la empresa proveedora de los mismos: PS&E. Las listas se deben completar en su totalidad, para ello se especifican las convenciones usadas para tal fin donde:

Tabla 150.

Tabla de la nomenclatura a utilizar en la Check List.

A	Aceptable
N/A	No Aceptable
Consideraciones	Descripción en caso de abolladuras, daños estructurales, golpes, inexistencias y/o condiciones generales del elemento a diagnosticar

Nota: Tabla elaborada por el equipo CEPIIS

El orden de las listas propuesto no tiene incidencia en los resultados en caso de hacerlo en un orden diferente, sin embargo para llevar a cabo la tabulación de información se propuso dividir los registros de acuerdo con la funcionalidad de los equipos para recorrer de forma práctica y ágil las diferentes áreas de operación dentro de la unidad así:

Reactores: Aquí se encuentra el inventario de válvulas, sensores y condiciones estructurales generales de cada reactor del banco. Se adjuntó información específica de: tipo de reactor, volumen del reactor, referencia de cada válvula y sensor presentes por reactor y la especificación de cada válvula y sensor presentes por reactor.

Equipos en el Sistema de Alimentación: Aquí se encuentra el inventario de válvulas, sensores y condiciones estructurales presentes en el sistema de alimentación del banco de reactores. Se adjuntó información específica de: equipo, información del equipo (volumen, flujo máximo, presión de calibración), referencia de cada válvula y sensor presentes por equipo y la especificación de cada válvula y sensor presentes por equipo.

Equipos en el Sistema de Enfriamiento: Aquí se encuentra el inventario de válvulas, sensores y condiciones estructurales presentes en el sistema de enfriamiento del banco de reactores. Se adjuntó información específica de: equipo, información del equipo (volumen, flujo máximo), referencia de cada válvula y sensor presentes por equipo y la especificación de cada válvula y sensor presentes por equipo.

Equipos en el Sistema de Calentamiento: Aquí se encuentra el inventario de válvulas, sensores y condiciones estructurales presentes en el sistema de calentamiento del banco de reactores. Se adjuntó información específica de: equipo, información del equipo (volumen, caudal máximo), referencia de cada válvula y sensor presentes por equipo y la especificación de cada válvula y sensor presentes por equipo.

El objetivo de esta check list es registrar el estado estructural de los equipos de la unidad de banco de reactores con fines preventivos. Las listas no solo se deben llenar en su totalidad, sino que por área deben tener un resultado de **ACEPTABLE** en un 100% para llevar tener una ejecución de operación segura.

La acreditación de **NO ACEPTABLE** deberá generar un reporte obligatorio al responsable de la zona en los registros de información: Bitácora de laboratorio, formatos para registro de datos de proceso y formato para registro de manejo del equipo y solo obtendrá viabilidad de operación en caso de ser auspiciado por el responsable de la zona.

La casilla **Consideraciones** permite hacer una descripción más detallada del estado estructural del equipo en general, piezas individuales, accesorios, tuberías, etc. Esta función registra la información para mantenimiento posterior, cambio de piezas o instrumentación y observaciones o recomendaciones particulares del operador.

Figura 341.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Banco de Reactores” sistema de alimentaci3n.

2. EQUIPOS EN EL SISTEMA DE ALIMENTACION																																																																																																																							
Ref	Especificaci3n	2. EQUIPOS EN EL SISTEMA DE ALIMENTACION																																																																																																																					
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE REACTIVOS																																																																																																																							
Ref	Volu-men	ESTADO		Consideraciones	Ref	Volu-men	ESTADO		Consideraciones																																																																																																														
TK-101	TK-101	A	N/A		TK-102	TK-102	A	N/A																																																																																																															
<table border="0"> <tr> <td>TK-101</td> <td>Tanque de reactivo 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>TK-102</td> <td>Tanque de reactivo 2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>E-101</td> <td>Intercambiador de Calor (precalentador)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>E-102</td> <td>Intercambiador de Calor (recalentador)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B-101</td> <td>Bomba dosificadora (reactivo 1)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>B-102</td> <td>Bomba dosificadora (reactivo 2)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>RD-101</td> <td>Rotámetro de reactivo 1 a reactores CSTR</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>RD-102</td> <td>Rotámetro de reactivo 1 a reactores PFR y PBR</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>RD-103</td> <td>Rotámetro de reactivo 2 a reactores CSTR</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>RD-104</td> <td>Rotámetro de reactivo 2 a reactores PFR y PBR</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S-101</td> <td>Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-101, R-103 y R-104</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>S-102</td> <td>Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-101, R-103 y R-104</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S-103</td> <td>Dispositivo de reactivo 2 a reactores R-101, R-103 y R-104</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>S-104</td> <td>Dispositivo de reactivo 2 a reactores R-103, R-104 y R-109</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M-101</td> <td>Mezcladora de reactivos a R-101, R-103 y R-107</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>M-102</td> <td>Mezcladora de reactivos a R-108</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>M-103</td> <td>Mezcladora de reactivos a R-109</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										TK-101	Tanque de reactivo 1				TK-102	Tanque de reactivo 2				E-101	Intercambiador de Calor (precalentador)				E-102	Intercambiador de Calor (recalentador)				B-101	Bomba dosificadora (reactivo 1)				B-102	Bomba dosificadora (reactivo 2)				RD-101	Rotámetro de reactivo 1 a reactores CSTR				RD-102	Rotámetro de reactivo 1 a reactores PFR y PBR				RD-103	Rotámetro de reactivo 2 a reactores CSTR				RD-104	Rotámetro de reactivo 2 a reactores PFR y PBR				S-101	Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-101, R-103 y R-104				S-102	Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-101, R-103 y R-104				S-103	Dispositivo de reactivo 2 a reactores R-101, R-103 y R-104				S-104	Dispositivo de reactivo 2 a reactores R-103, R-104 y R-109				M-101	Mezcladora de reactivos a R-101, R-103 y R-107				M-102	Mezcladora de reactivos a R-108				M-103	Mezcladora de reactivos a R-109																												
TK-101	Tanque de reactivo 1				TK-102	Tanque de reactivo 2																																																																																																																	
E-101	Intercambiador de Calor (precalentador)				E-102	Intercambiador de Calor (recalentador)																																																																																																																	
B-101	Bomba dosificadora (reactivo 1)				B-102	Bomba dosificadora (reactivo 2)																																																																																																																	
RD-101	Rotámetro de reactivo 1 a reactores CSTR				RD-102	Rotámetro de reactivo 1 a reactores PFR y PBR																																																																																																																	
RD-103	Rotámetro de reactivo 2 a reactores CSTR				RD-104	Rotámetro de reactivo 2 a reactores PFR y PBR																																																																																																																	
S-101	Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-101, R-103 y R-104				S-102	Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-101, R-103 y R-104																																																																																																																	
S-103	Dispositivo de reactivo 2 a reactores R-101, R-103 y R-104				S-104	Dispositivo de reactivo 2 a reactores R-103, R-104 y R-109																																																																																																																	
M-101	Mezcladora de reactivos a R-101, R-103 y R-107				M-102	Mezcladora de reactivos a R-108																																																																																																																	
M-103	Mezcladora de reactivos a R-109																																																																																																																						
BOMBAS DOSIFICADORAS																																																																																																																							
Ref	Flujo máx. m ³ /h	ESTADO		Consideraciones	Ref	Flujo máx. m ³ /h	ESTADO		Consideraciones																																																																																																														
B-101	P-101	A	N/A		B-102	P-102	A	N/A																																																																																																															
<table border="0"> <tr> <td>B-101</td> <td>Bomba dosificadora reactivo 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>B-102</td> <td>Bomba dosificadora reactivo 2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-004</td> <td>De entrada</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-039</td> <td>De entrada</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-005</td> <td>De control de entrada</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-041</td> <td>De control de reactivo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-006</td> <td>De alivio</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-042</td> <td>De alivio</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-007</td> <td>De contrapresi3n</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-043</td> <td>De contrapresi3n</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-008</td> <td>De la tapa planchada</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-044</td> <td>De la tapa planchada</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-009</td> <td>De salida</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-045</td> <td>De salida</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SENSORES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>SENSORES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PI-1</td> <td>De presi3n</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>PI-4</td> <td>De presi3n</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LI-1</td> <td>De nivel</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>LI-2</td> <td>De nivel</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										B-101	Bomba dosificadora reactivo 1				B-102	Bomba dosificadora reactivo 2				VÁLVULAS					VÁLVULAS					V-004	De entrada				V-039	De entrada				V-005	De control de entrada				V-041	De control de reactivo				V-006	De alivio				V-042	De alivio				V-007	De contrapresi3n				V-043	De contrapresi3n				V-008	De la tapa planchada				V-044	De la tapa planchada				V-009	De salida				V-045	De salida				SENSORES					SENSORES					PI-1	De presi3n				PI-4	De presi3n				LI-1	De nivel				LI-2	De nivel			
B-101	Bomba dosificadora reactivo 1				B-102	Bomba dosificadora reactivo 2																																																																																																																	
VÁLVULAS					VÁLVULAS																																																																																																																		
V-004	De entrada				V-039	De entrada																																																																																																																	
V-005	De control de entrada				V-041	De control de reactivo																																																																																																																	
V-006	De alivio				V-042	De alivio																																																																																																																	
V-007	De contrapresi3n				V-043	De contrapresi3n																																																																																																																	
V-008	De la tapa planchada				V-044	De la tapa planchada																																																																																																																	
V-009	De salida				V-045	De salida																																																																																																																	
SENSORES					SENSORES																																																																																																																		
PI-1	De presi3n				PI-4	De presi3n																																																																																																																	
LI-1	De nivel				LI-2	De nivel																																																																																																																	
INTERCAMBIADORES DE CALOR																																																																																																																							
Ref	Flujo máx. m ³ /h	ESTADO		Consideraciones	Ref	Flujo máx. m ³ /h	ESTADO		Consideraciones																																																																																																														
E-101	E-102	A	N/A		E-101	E-102	A	N/A																																																																																																															
<table border="0"> <tr> <td>E-101</td> <td>Intercambiador de calor (precalentador)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>E-102</td> <td>Intercambiador de calor (recalentador)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-010</td> <td>De entrada del reactivo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-046</td> <td>De control del reactivo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-011</td> <td>De control de entrada del reactivo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-047</td> <td>De control de entrada del reactivo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-012</td> <td>De alivio</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-048</td> <td>De alivio</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-013</td> <td>De salida del reactivo a R-101</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-049</td> <td>De salida del reactivo a R-102</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-014</td> <td>De salida del reactivo a R-103</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-050</td> <td>De salida del reactivo a R-104</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-100</td> <td>De entrada del aceite térmico</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-162</td> <td>De control del aceite térmico</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-101</td> <td>De control de entrada del aceite térmico</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-163</td> <td>De control del aceite térmico</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SENSORES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>SENSORES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TI-3</td> <td>De temperatura</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>TI-4</td> <td>De temperatura</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										E-101	Intercambiador de calor (precalentador)				E-102	Intercambiador de calor (recalentador)				VÁLVULAS					VÁLVULAS					V-010	De entrada del reactivo				V-046	De control del reactivo				V-011	De control de entrada del reactivo				V-047	De control de entrada del reactivo				V-012	De alivio				V-048	De alivio				V-013	De salida del reactivo a R-101				V-049	De salida del reactivo a R-102				V-014	De salida del reactivo a R-103				V-050	De salida del reactivo a R-104				V-100	De entrada del aceite térmico				V-162	De control del aceite térmico				V-101	De control de entrada del aceite térmico				V-163	De control del aceite térmico				SENSORES					SENSORES					TI-3	De temperatura				TI-4	De temperatura			
E-101	Intercambiador de calor (precalentador)				E-102	Intercambiador de calor (recalentador)																																																																																																																	
VÁLVULAS					VÁLVULAS																																																																																																																		
V-010	De entrada del reactivo				V-046	De control del reactivo																																																																																																																	
V-011	De control de entrada del reactivo				V-047	De control de entrada del reactivo																																																																																																																	
V-012	De alivio				V-048	De alivio																																																																																																																	
V-013	De salida del reactivo a R-101				V-049	De salida del reactivo a R-102																																																																																																																	
V-014	De salida del reactivo a R-103				V-050	De salida del reactivo a R-104																																																																																																																	
V-100	De entrada del aceite térmico				V-162	De control del aceite térmico																																																																																																																	
V-101	De control de entrada del aceite térmico				V-163	De control del aceite térmico																																																																																																																	
SENSORES					SENSORES																																																																																																																		
TI-3	De temperatura				TI-4	De temperatura																																																																																																																	
ROTÁMETROS																																																																																																																							
Tipo	Flujo máx. m ³ /h	ESTADO		Consideraciones	Tipo	Flujo máx. m ³ /h	ESTADO		Consideraciones																																																																																																														
FL-3903S1 Y CALIBRACI3N N.º 797	14.7 pps	A	N/A		FL-3903S2 Y CALIBRACI3N N.º 797	14.7 pps	A	N/A																																																																																																															
<table border="0"> <tr> <td>FL-3903S1</td> <td>Rotámetro reactivo 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>FL-3903S2</td> <td>Rotámetro reactivo 2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-015</td> <td>De entrada del reactivo 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-051</td> <td>De control del reactivo 2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-016</td> <td>De control</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-052</td> <td>De control</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-017</td> <td>De salida a S-101</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-053</td> <td>De salida a S-103</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										FL-3903S1	Rotámetro reactivo 1				FL-3903S2	Rotámetro reactivo 2				VÁLVULAS					VÁLVULAS					V-015	De entrada del reactivo 1				V-051	De control del reactivo 2				V-016	De control				V-052	De control				V-017	De salida a S-101				V-053	De salida a S-103																																																															
FL-3903S1	Rotámetro reactivo 1				FL-3903S2	Rotámetro reactivo 2																																																																																																																	
VÁLVULAS					VÁLVULAS																																																																																																																		
V-015	De entrada del reactivo 1				V-051	De control del reactivo 2																																																																																																																	
V-016	De control				V-052	De control																																																																																																																	
V-017	De salida a S-101				V-053	De salida a S-103																																																																																																																	
MEZCLADORES																																																																																																																							
Ref	ESTADO	Consideraciones	Ref	ESTADO	Consideraciones																																																																																																																		
M-101	A	N/A	M-102	A	N/A																																																																																																																		
<table border="0"> <tr> <td>M-101</td> <td>Mezcladora estática</td> <td></td> <td>M-102</td> <td>Mezcladora estática</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-030</td> <td>De entrada del reactivo 1</td> <td></td> <td>V-036</td> <td>De entrada del reactivo 1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-036</td> <td>De entrada del reactivo 2</td> <td></td> <td>V-034</td> <td>De entrada del reactivo 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-067</td> <td>De control de entrada del reactivo 2</td> <td></td> <td>V-075</td> <td>De entrada del reactivo 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-101</td> <td>De salida de la mezcla</td> <td></td> <td>V-132</td> <td>De salida de la mezcla</td> <td></td> </tr> </table>										M-101	Mezcladora estática		M-102	Mezcladora estática		VÁLVULAS			VÁLVULAS			V-030	De entrada del reactivo 1		V-036	De entrada del reactivo 1		V-036	De entrada del reactivo 2		V-034	De entrada del reactivo 2		V-067	De control de entrada del reactivo 2		V-075	De entrada del reactivo 2		V-101	De salida de la mezcla		V-132	De salida de la mezcla																																																																											
M-101	Mezcladora estática		M-102	Mezcladora estática																																																																																																																			
VÁLVULAS			VÁLVULAS																																																																																																																				
V-030	De entrada del reactivo 1		V-036	De entrada del reactivo 1																																																																																																																			
V-036	De entrada del reactivo 2		V-034	De entrada del reactivo 2																																																																																																																			
V-067	De control de entrada del reactivo 2		V-075	De entrada del reactivo 2																																																																																																																			
V-101	De salida de la mezcla		V-132	De salida de la mezcla																																																																																																																			
DIVISORES																																																																																																																							
Ref	Volu-men	ESTADO		Consideraciones	Ref	Volu-men	ESTADO		Consideraciones																																																																																																														
S-101	S-102	A	N/A		S-101	S-102	A	N/A																																																																																																															
<table border="0"> <tr> <td>S-101</td> <td>Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-101, R-103, R-104</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>S-102</td> <td>Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-105, R-106, R-109</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-018</td> <td>De entrada del reactivo 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-026</td> <td>De entrada del reactivo 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-020</td> <td>De salida a R-101</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-028</td> <td>De salida a M-101</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-022</td> <td>De salida a R-103</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-029</td> <td>De control a M-101</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-024</td> <td>De control</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-031</td> <td>De salida a M-102</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-032</td> <td>De control a M-102</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-034</td> <td>De salida a M-103</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-035</td> <td>De control a M-103</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										S-101	Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-101, R-103, R-104				S-102	Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-105, R-106, R-109				VÁLVULAS					VÁLVULAS					V-018	De entrada del reactivo 1				V-026	De entrada del reactivo 1				V-020	De salida a R-101				V-028	De salida a M-101				V-022	De salida a R-103				V-029	De control a M-101				V-024	De control				V-031	De salida a M-102									V-032	De control a M-102									V-034	De salida a M-103									V-035	De control a M-103																							
S-101	Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-101, R-103, R-104				S-102	Dispositivo de reactivo 1 a reactores R-105, R-106, R-109																																																																																																																	
VÁLVULAS					VÁLVULAS																																																																																																																		
V-018	De entrada del reactivo 1				V-026	De entrada del reactivo 1																																																																																																																	
V-020	De salida a R-101				V-028	De salida a M-101																																																																																																																	
V-022	De salida a R-103				V-029	De control a M-101																																																																																																																	
V-024	De control				V-031	De salida a M-102																																																																																																																	
					V-032	De control a M-102																																																																																																																	
					V-034	De salida a M-103																																																																																																																	
					V-035	De control a M-103																																																																																																																	
MEZCLADORES																																																																																																																							
Ref	ESTADO	Consideraciones	Ref	ESTADO	Consideraciones																																																																																																																		
M-103	A	N/A	M-102	A	N/A																																																																																																																		
<table border="0"> <tr> <td>M-103</td> <td>Mezcladora estática</td> <td></td> <td>M-102</td> <td>Mezcladora estática</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> <td>VÁLVULAS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-054</td> <td>Válvula de entrada del reactivo 2</td> <td></td> <td>V-062</td> <td>De entrada del reactivo 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-056</td> <td>Válvula de salida a R-101</td> <td></td> <td>V-064</td> <td>De salida a M-101</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-058</td> <td>Válvula de salida a R-104</td> <td></td> <td>V-065</td> <td>De control a M-101</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V-060</td> <td>Válvula de control</td> <td></td> <td>V-068</td> <td>De salida a M-103</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-069</td> <td>De control a M-103</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V-073</td> <td>De control a M-102</td> <td></td> </tr> </table>										M-103	Mezcladora estática		M-102	Mezcladora estática		VÁLVULAS			VÁLVULAS			V-054	Válvula de entrada del reactivo 2		V-062	De entrada del reactivo 2		V-056	Válvula de salida a R-101		V-064	De salida a M-101		V-058	Válvula de salida a R-104		V-065	De control a M-101		V-060	Válvula de control		V-068	De salida a M-103					V-069	De control a M-103					V-073	De control a M-102																																																															
M-103	Mezcladora estática		M-102	Mezcladora estática																																																																																																																			
VÁLVULAS			VÁLVULAS																																																																																																																				
V-054	Válvula de entrada del reactivo 2		V-062	De entrada del reactivo 2																																																																																																																			
V-056	Válvula de salida a R-101		V-064	De salida a M-101																																																																																																																			
V-058	Válvula de salida a R-104		V-065	De control a M-101																																																																																																																			
V-060	Válvula de control		V-068	De salida a M-103																																																																																																																			
			V-069	De control a M-103																																																																																																																			
			V-073	De control a M-102																																																																																																																			

Nota: Check List elaborada por nosotros.

Figura 342.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Banco de Reactores” sistema de enfriamiento.

3. Equipos en el Sistema de Enfriamiento				4 EQUIPOS EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO								
Equipos				TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS								
Equipo	Especificación			ESTADO				ESTADO				
TK-103	TANQUE DE REACTIVO 1	Volúmen 15L	TK-103	A	N/A	Consideraciones	TANQUE DE REACTIVO 2	Volúmen 15L	TK-104	A	N/A	Consideraciones
E-104	Intercambiador de calor enfriamiento	Equipo	Ref	Especificación				Equipo	Ref	Especificación		
		VÁLVULAS	V-109	De línea de entrada				VÁLVULAS	V-153	De alivio atmosférico		
			V-102	De alivio atmosférico					V-154	De salida de producto		
			V-107	De salida de producto								
		SENSORES	TI-16	De temperatura				SENSORES	TI-53	De temperatura		
			PI-9	De presión					PI-20	De presión		
			LI-7	De nivel					LI-8	De nivel		
		GENERALIDADES DEL EQUIPO										
ENFRIAMIENTO				ESTADO				ESTADO				
Equipo	Ref	E-104	A	N/A	Consideraciones	ENFRIAMIENTO	Equipo	Ref	E-104	A	N/A	Consideraciones
		VÁLVULAS	V-109	De entrada del producto de R-103			VÁLVULAS	V-113	De entrada del producto de R-105			
			V-099	De entrada del producto de R-104				V-123	De entrada del producto de R-106			
			V-100	De salida del producto				V-151	De recirculación			
			V-101	De alivio				V-152	De alivio			
			V-190	De entrada de agua				V-191	De entrada de agua			
			V-192	De control de entrada de agua								
		SENSORES	TI-15	De temperatura								
		GENERALIDADES DEL EQUIPO										

Nota: Check List elaborada por nosotros.

Figura 343.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Banco de Reactores” sistema de calentamiento.

4. Equipos en el Sistema de Calentamiento				ESTADO			
Equipo	Especificación			ESTADO			
TK-105	TANQUE DE ACEITE TÉRMICO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR	Volúmen 25L	TK-105	A	N/A	Consideraciones	ESTADO
TK-106	Tanque de aceite térmico de los reactores	Equipo	Ref	Especificación			
P-105	Bomba centrífuga (Aceite térmico)	VÁLVULAS	V-155	De línea de entrada			
P-104	Bomba centrífuga (Aceite térmico)		V-156	De salida			
			V-157	De control de salida			
			V-158	De entrada de la recirculación			
		SENSORES	TI-54	De temperatura			
			PI-21	De presión			
			LI-9	De nivel			
		GENERALIDADES DEL EQUIPO					
BOMBA CENTRÍFUGA DEL ACEITE TÉRMICO				ESTADO			
Equipo	Ref	P-103	A	N/A	Consideraciones	ESTADO	
		VÁLVULAS	V-156	Válvula de entrada			
			V-158	Válvula de recirculación			
			V-159	Válvula de salida			
		GENERALIDADES DEL EQUIPO					

Nota: Check List elaborada por nosotros, para ver de mejor manera esta check list, visitar.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1RIS05TmEHhtYdOooxAAjnEUMA5ejCwIz/edit?usp=share_link&oid=104688621524253418380&rtpof=true&sd=true

6.2.6. Check List diagnóstico estructural del tren de evaporadores

Esta check list se diseñó para validar los equipos de la unidad del tren de evaporadores de la zona CETA del CEPIIS y verificar su estado estructural en la planta previo a la puesta en marcha, la información de los equipos, válvulas y sensores está relacionada con la información entregada en los diagramas de procesos por parte de la empresa proveedora de estos: PS&E. Las listas se deben completar en su totalidad, para ello se especifican las convenciones usadas para tal fin donde:

Tabla 151.

Tabla de la nomenclatura a utilizar en la Check List.

A	Aceptable
N/A	No Aceptable
Consideraciones	Descripción en caso de abolladuras, daños estructurales, golpes, inexistencias y/o condiciones generales del elemento a diagnosticar

Nota: Tabla elaborada por el equipo CEPIIS

El orden de las listas propuesto no tiene incidencia en los resultados en caso de hacerlo en un orden diferente, sin embargo para llevar a cabo la tabulación de información se propuso dividir los registros de acuerdo con la funcionalidad de los equipos para recorrer de forma práctica y ágil las diferentes áreas de operación dentro de la unidad así:

Evaporadores: Aquí se encuentra el inventario de válvulas, sensores y condiciones estructurales generales de cada evaporador. Se adjuntó información específica de: tipo de evaporador, diámetro del evaporador, número de tubos del evaporador, referencia de cada válvula y sensor presentes por evaporador y la especificación de cada válvula y sensor presentes por evaporador.

Ciclones: Aquí se encuentra el inventario de válvulas y condiciones estructurales de los ciclones. Se adjuntó información específica de: equipo, información del equipo (tipo y función), referencia de cada válvula presente por equipo y la especificación de cada válvula presente por equipo.

Divisor: Aquí se encuentra el divisor S-105. Se adjuntó información específica de: equipo, información del equipo (tipo y función), referencia de cada válvula y sensor presente y la especificación de cada válvula y sensor presentes en el equipo.

Equipos en el sistema de alimentación: Aquí se encuentra el inventario de válvulas, sensores y condiciones estructurales presentes en el sistema de alimentación del tren de evaporadores. Se adjuntó información específica de: equipo, información del equipo (volumen, caudal máximo), referencia de cada válvula y sensor presentes por equipo y la especificación de cada válvula y sensor presentes por equipo.

Equipos en el sistema de producto líquido: Aquí se encuentra el inventario de válvulas, sensores y condiciones estructurales presentes en el sistema de producto líquido del tren de evaporadores. Se adjuntó información específica de: equipo, información del equipo (volumen, caudal máximo), referencia de cada válvula y sensor presentes por equipo y la especificación de cada válvula y sensor presentes por equipo.

Equipos en el sistema de producto gaseoso: Aquí se encuentra el inventario de válvulas, sensores y condiciones estructurales presentes en el sistema de producto gaseoso del tren de evaporadores. Se adjuntó información específica de: equipo, información del equipo (volumen, caudal máximo, tipo), referencia de cada válvula y sensor presentes por equipo y la especificación de cada válvula y sensor presentes por equipo.

Equipos en el sistema de almacenamiento de condensados: Aquí se encuentra el inventario de válvulas, sensores y condiciones estructurales presentes en el sistema de almacenamiento de condensados del tren de evaporadores. Se adjuntó información específica de: equipo, información del equipo (volumen), referencia de cada válvula y sensor presentes por equipo y la especificación de cada válvula y sensor presentes por equipo.

El objetivo de esta check list es registrar el estado estructural de los equipos de la unidad del tren de evaporadores con fines preventivos. Las listas no solo se deben llenar en su totalidad, sino que por área deben tener un resultado de **ACEPTABLE** en un 100% para llevar tener una ejecución de operación segura.

La acreditación de **NO ACEPTABLE** deberá generar un reporte obligatorio al responsable de la zona en los registros de información: Bitácora de laboratorio, formatos para registro de datos de proceso y formato para registro de manejo del equipo y solo obtendrá viabilidad de operación en caso de ser auspiciado por el responsable de la zona.

La casilla **Consideraciones** permite hacer una descripción más detallada del estado estructural del equipo en general, piezas individuales, accesorios, tuberías, etc. Esta función registra la

información para mantenimiento posterior, cambio de piezas o instrumentación y observaciones o recomendaciones particulares del operador.

Figura 344.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Tren de Evaporadores” evaporadores en la unidad.

CHECK LIST DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL TREN DE EVAPORADORES EN LA ZONA CETA
CENTRO DE PROCESOS INNOVACION Y LA INDUSTRIA SOSTENIBLE (CETPI)
UNIVERSIDAD DE AMERICA

Fecha de Diagnóstico:

de persona a cargo del diagnóstico:
Nombre responsable de la planta:
Nombre persona a cargo del diagnóstico:

I. Evaporadores				II. Evaporadores				III. Evaporadores				IV. Evaporadores				V. Evaporadores				
Módulo	Especificación	Estado		Comentarios	Módulo	Estado		Comentarios	Módulo	Estado		Comentarios	Módulo	Estado		Comentarios	Módulo	Estado		Comentarios
		A	N			A	N			A	N			A	N			A	N	
1	1.1				1				1				1				1			
2	2.1				2				2				2				2			
3	3.1				3				3				3				3			
4	4.1				4				4				4				4			
5	5.1				5				5				5				5			
6	6.1				6				6				6				6			
7	7.1				7				7				7				7			
8	8.1				8				8				8				8			
9	9.1				9				9				9				9			
10	10.1				10				10				10				10			
11	11.1				11				11				11				11			
12	12.1				12				12				12				12			
13	13.1				13				13				13				13			
14	14.1				14				14				14				14			
15	15.1				15				15				15				15			
16	16.1				16				16				16				16			
17	17.1				17				17				17				17			
18	18.1				18				18				18				18			
19	19.1				19				19				19				19			
20	20.1				20				20				20				20			
21	21.1				21				21				21				21			
22	22.1				22				22				22				22			
23	23.1				23				23				23				23			
24	24.1				24				24				24				24			
25	25.1				25				25				25				25			
26	26.1				26				26				26				26			
27	27.1				27				27				27				27			
28	28.1				28				28				28				28			
29	29.1				29				29				29				29			
30	30.1				30				30				30				30			
31	31.1				31				31				31				31			
32	32.1				32				32				32				32			
33	33.1				33				33				33				33			
34	34.1				34				34				34				34			
35	35.1				35				35				35				35			
36	36.1				36				36				36				36			
37	37.1				37				37				37				37			
38	38.1				38				38				38				38			
39	39.1				39				39				39				39			
40	40.1				40				40				40				40			
41	41.1				41				41				41				41			
42	42.1				42				42				42				42			
43	43.1				43				43				43				43			
44	44.1				44				44				44				44			
45	45.1				45				45				45				45			
46	46.1				46				46				46				46			
47	47.1				47				47				47				47			
48	48.1				48				48				48				48			
49	49.1				49				49				49				49			
50	50.1				50				50				50				50			
51	51.1				51				51				51				51			
52	52.1				52				52				52				52			
53	53.1				53				53				53				53			
54	54.1				54				54				54				54			
55	55.1				55				55				55				55			
56	56.1				56				56				56				56			
57	57.1				57				57				57				57			
58	58.1				58				58				58				58			
59	59.1				59				59				59				59			
60	60.1				60				60				60				60			
61	61.1				61				61				61				61			
62	62.1				62				62				62				62			
63	63.1				63				63				63				63			
64	64.1				64				64				64				64			
65	65.1				65				65				65				65			
66	66.1				66				66				66				66			
67	67.1				67				67				67				67			
68	68.1				68				68				68				68			
69	69.1				69				69				69				69			
70	70.1				70				70				70				70			
71	71.1				71				71				71				71			
72	72.1				72				72				72				72			
73	73.1				73				73				73				73			
74	74.1				74				74				74				74			
75	75.1				75				75				75				75			
76	76.1				76				76				76				76			
77	77.1				77				77				77				77			
78	78.1				78				78				78				78			
79	79.1				79				79				79				79			
80	80.1				80				80				80				80			
81	81.1				81				81				81				81			
82	82.1				82				82				82				82			
83	83.1				83				83				83				83			
84	84.1				84				84				84				84			
85	85.1				85				85				85				85			
86	86.1				86				86				86				86			
87	87.1				87				87				87				87			
88	88.1				88				88				88				88			
89	89.1				89				89				89				89			
9																				

Figura 345.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Tren de Evaporadores” sistema de alimentación.

4. Equipos en el Sistema de Alimentación				4. EQUIPOS EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN									
Especificación		TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE REACTIVOS				ROTÁMETRO DE ALIMENTO A EVAPORADORES							
Ref	Descripción	ESTADO				Ref.	Descripción	ESTADO		Consideraciones			
TK-101	Tanque del alimento	Volúmen	TK-101	A	NA	FL-101	Rotámetro	A	NA				
P-101	Bomba centrífuga (Almacén a los evaporadores)	Ref											
S-101	Manifold Divisor de alimento a los evaporadores y al intercambiador (E-104)	Equipo	Ref	Descripción									
VALVULAS		V-044	De entrada del alimento proveniente del BR										
		V-045	De salida del alimento										
		V-046	De salida a la bomba										
		V-049	De recirculación										
SENSORES		TI-1	Indicador de temperatura										
		TI-1	Transmisor de temperatura										
		WT-1	Transmisor indicador de peso										
		LG-1	Visteo de nivel										
GENERALIDADES DEL EQUIPO													
MANIFOLD													
GENERALIDADES DEL EQUIPO		PREPARAR ALIMENTO A LOS EVAPORADORES Y AL INTERCAMBIADOR											
		ESTADO											
BOMBA CENTRÍFUGA	Caudal máx. S/min	ESTADO				Ref	Descripción	ESTADO					
		P-101						A	NA	Consideraciones			
		Especificación											
		Equipo											
		V-046						De entrada					
		V-047						De paso a recirculación					
VALVULAS		V-048	De alivio de presión										
		V-050	De salida al rotámetro										
		V-051	De alivio de presión										
SENSORES		LS-1	Seguridad de nivel										
		LC-1	Controlador de nivel										
GENERALIDADES DEL EQUIPO													
VALVULAS		V-056	De entrada del alimento										
		V-057	De salida a E-104										
		V-058	De salida a E-103										
		V-059	De salida a E-102										
		V-060	De salida a E-101										
GENERALIDADES DEL EQUIPO													

Nota: Check List elaborada por nosotros.

Figura 346.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Diagnostico Estructural del Tren de Evaporadores” sistema de productos.

5. Equipos en el Sistema de Producto Líquido				E. EQUIPOS EN EL SISTEMA DE PRODUCTO LÍQUIDO			
Especificación				ESTADO			
Equipo	Referencia	Descripción	A	N/A	Consideraciones	Equipo	Referencia
TK-106	TK-106	Tanque del producto líquido de los evaporadores E-101, E-102 y E-103					
P-102	P-102	Bomba dosificadora (Producto líquido del evaporador E-101)					
P-103	P-103	Bomba dosificadora (Producto líquido del evaporador E-102)					
P-104	P-104	Bomba dosificadora (Producto líquido del evaporador E-103)					
RD-102	RD-102	Rotámetro del producto líquido del evaporador E-101					
RD-103	RD-103	Rotámetro del producto líquido del evaporador E-102					
RD-104	RD-104	Rotámetro del producto líquido del evaporador E-103					
S-102	S-102	Manifold Divisor del producto líquido del evaporador E-101					
S-103	S-103	Manifold Divisor del producto líquido del evaporador E-102					
S-104	S-104	Manifold Divisor del producto líquido del evaporador E-103					
VALVULAS							
	Ref	Especificación					
	V-141	De producto en E-101 a E-102					
	V-144	De producto en E-103					
	V-145	De alivio					
	V-146	De salida					
	V-147	De toma de muestras					
	TI-12	Indicador de temperatura					
	TI-12	Transmisor de temperatura					
	WTF-6	Transmisor indicador de peso					
	LC-9	Nivel de nivel					
SENSORES							
GENERALIDADES DEL EQUIPO							
BOMBAS DOSIFICADORAS							
Potencia 0,5 HP				Potencia 0,5 HP			
Cantidad 1				Cantidad 1			
P-102				P-103			
ESTADO				ESTADO			
Consideraciones				Consideraciones			
Equipo	Ref	Especificación				Equipo	Ref
	V-065	De entrada del producto de E-101					V-087
	V-066	De toma de muestras					V-088
	V-067	De la tapa flashada					V-089
	V-068	De recirculación					V-090
	V-069	De alivio de presión					V-091
	S-2	Seguridad de nivel					S-3
	LC-2	Controlador de nivel					LC-3
	PI-4	Indicador de Presión					PI-7
VALVULAS							
	Ref	Especificación					Ref
	V-087	De entrada del producto de E-102					V-087
	V-088	De toma de muestras					V-088
	V-089	De la tapa flashada					V-089
	V-090	De recirculación					V-090
	V-091	De alivio de presión					V-091
SENSORES							
GENERALIDADES DEL EQUIPO							
BOMBAS DOSIFICADORAS							
Potencia 0,5 HP				Potencia 0,5 HP			
Cantidad 1				Cantidad 1			
P-104				P-104			
ESTADO				ESTADO			
Consideraciones				Consideraciones			
Equipo	Ref	Especificación				Equipo	Ref
	V-112	De entrada del producto de E-103					V-112
	V-113	De toma de muestras					V-113
	V-114	De la tapa flashada					V-114
	V-115	De recirculación					V-115
	V-116	De alivio de presión					V-116
	S-4	Seguridad de nivel					S-4
	LC-4	Controlador de nivel					LC-4
	PI-10	Indicador de Presión					PI-10
VALVULAS							
	Ref	Especificación					Ref
	V-112	De entrada del producto de E-103					V-112
	V-113	De toma de muestras					V-113
	V-114	De la tapa flashada					V-114
	V-115	De recirculación					V-115
	V-116	De alivio de presión					V-116
SENSORES							
GENERALIDADES DEL EQUIPO							
ROTÁMETROS							
Potencia 0,5 HP				Potencia 0,5 HP			
Cantidad 1				Cantidad 1			
RD-102				RD-103			
ESTADO				ESTADO			
Consideraciones				Consideraciones			
Equipo	Ref	Especificación				Equipo	Ref
	V-070	De entrada					V-092
	V-071	De control					V-093
	V-072	De salida a S-102					V-094
	V-073	De alivio de presión					V-095
	V-074	De toma de muestras					V-096
VALVULAS							
	Ref	Especificación					Ref
	V-092	De entrada					V-092
	V-093	De control					V-093
	V-094	De salida a S-103					V-094
	V-095	De alivio de presión					V-095
	V-096	De toma de muestras					V-096
SENSORES							
GENERALIDADES DEL EQUIPO							
MANIFOLDS							
ESTADO				ESTADO			
Consideraciones				Consideraciones			
Equipo	Ref	Especificación				Equipo	Ref
	V-075	De entrada					V-097
	V-076	De control a tanque TK-106					V-098
	V-077	De control a E-102					V-100
	V-142	De paso a tanque TK-106					V-101
							V-141
VALVULAS							
	Ref	Especificación					Ref
	V-097	De entrada					V-097
	V-098	De control a E-101					V-098
	V-100	De control a tanque TK-106					V-100
	V-101	De control a E-103					V-101
	V-141	De paso a tanque TK-106					V-141
SENSORES							
GENERALIDADES DEL EQUIPO							
ESTADO				ESTADO			
Consideraciones				Consideraciones			
Equipo	Ref	Especificación				Equipo	Ref
	V-122	De entrada					V-122
	V-123	De control a E-102					V-123
	V-124	De control a E-103					V-124
	V-127	De control a tanque TK-106					V-127
	V-128	De control a E-104					V-128
VALVULAS							
	Ref	Especificación					Ref
	V-122	De entrada					V-122
	V-123	De control a E-102					V-123
	V-124	De control a E-103					V-124
	V-127	De control a tanque TK-106					V-127
	V-128	De control a E-104					V-128
SENSORES							
GENERALIDADES DEL EQUIPO							

Nota: Check List elaborada por nosotros, para ver de mejor manera esta check list, visitar.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1LmxKfSiVtUz15uNX2ZC4E0xro1Jqy/edit?usp=share_link&oid=104688621524253418380&rtpof=true&sd=true

6.2.7. *Check List variables operativas en el banco de reactores*

Esta check list verifica las variables operativas del banco de reactores después de la primera corrida, donde se tuvieron en cuenta variables de temperatura, presión y nivel, teniendo en cuenta que este banco está conformado por indicadores de temperatura, presión y nivel. El objetivo de esta lista de chequeo es recopilar información que en conjunto determina la viabilidad o no de la unidad, también de determinar si los indicadores funcionan de manera correcta. El banco de reactores se conforma de 55 indicadores de temperatura, 22 indicadores de presión y 10 indicadores de nivel.

Para esta lista se debe llenar únicamente las casillas de se cumple o no se cumple con la variable a evaluar, también se dejó una casilla para colocar la temperatura reportada en el momento de la primera corrida, al finalizar el programa nos dará un veredicto de si se ha cumplido con todas las variables operativas.

Figura 347.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Variables Operativas en el Banco de Reactores”.

CHECK LIST VARIABLES OPERATIVAS EN EL BANCO DE REACTORES

Marcar con X si cumple, si no cumple se marca automaticamente

Equipo	Rangos de temperatura (°C)	Ejemplo Cumple	No cumple	Temperatura reportada (°C)
TI-1	Temperatura ambiente	X		

Tener en cuenta lo siguiente antes de llenar la lista

Si una seccion no es marcada con X, se prevee que no se esta cumpliendo

Algunas secciones son mas riesgosas por lo que si no se cumplen, lo mas seguro es que la puesta en marcha no

El procedimiento que se recomienda para esta check list es el mismo utilizado en la simulacion (Seccion 4.2.1)

Porfavor completar el siguiente item:

Numero de personas en la operacion:

El numero de personas en los alrededores de la operacion no puede ser mayor a 10, debido a las areas de la zona

¿Cumple con todas las variables operativas?

Indicadores de temperatura				
Equipo	Rangos de temperatura (°C)	Cumple	No cumple	Temperatura reportada (°C)
TI-1	Temperatura ambiente		X	
TI-2	Temperatura ambiente		X	
TI-3	19 a 21		X	
TI-4	19 a 21		X	
TI-5	19 a 21		X	
TI-6	19 a 21		X	
TI-7	19 a 21		X	
TI-8	19 a 21		X	
TI-9	19 a 21		X	
TI-10	19 a 21		X	
TI-11	19 a 21		X	
TI-12	19 a 21		X	
TI-13	19 a 21		X	
TI-14	19 a 21		X	
TI-15	Temperatura ambiente		X	
TI-16	Temperatura ambiente		X	
TI-17	19 a 21		X	
TI-18	19 a 21		X	
TI-19	19 a 21		X	
TI-20	19 a 21		X	
TI-21	19 a 21		X	
TI-22	19 a 21		X	
TI-23	19 a 21		X	
TI-24	19 a 21		X	
TI-25	19 a 21		X	
TI-26	19 a 21		X	
TI-27	19 a 21		X	
TI-28	19 a 21		X	
TI-29	19 a 21		X	
TI-30	19 a 21		X	
TI-31	19 a 21		X	
TI-32	19 a 21		X	
TI-33	19 a 21		X	
TI-34	19 a 21		X	
TI-35	19 a 21		X	
TI-36	19 a 21		X	
TI-37	19 a 21		X	
TI-38	19 a 21		X	
TI-39	19 a 21		X	
TI-40	19 a 21		X	
TI-41	19 a 21		X	
TI-42	19 a 21		X	
TI-43	19 a 21		X	
TI-44	19 a 21		X	
TI-45	19 a 21		X	
TI-46	19 a 21		X	
TI-47	19 a 21		X	
TI-48	19 a 21		X	
TI-49	19 a 21		X	
TI-50	19 a 21		X	
TI-51	19 a 21		X	
TI-52	19 a 21		X	
TI-53	Temperatura ambiente		X	
TI-54	100 a 110		X	
TI-55	100 a 110		X	

Indicadores de presion				
Equipo	Rangos de presion (bar)	Cumple	No cumple	Presion reportada (bar)
P-1	Presion ambiente		X	
P-2	1 a 2		X	
P-3	Presion ambiente		X	
P-4	1 a 2		X	
P-5	1 a 2		X	
P-6	1 a 2		X	
P-7	1 a 2		X	
P-8	1 a 2		X	
P-9	Presion ambiente		X	
P-10	1 a 2		X	
P-11	1 a 2		X	
P-12	1 a 2		X	
P-13	1 a 2		X	
P-14	1 a 2		X	
P-15	1 a 2		X	
P-16	1 a 2		X	
P-17	1 a 2		X	
P-18	1 a 2		X	
P-19	1 a 2		X	
P-20	Presion ambiente		X	
P-21	1 a 2		X	
P-22	1 a 2		X	

Indicadores de nivel				
Equipo	Rangos de nivel (L)	Cumple	No cumple	Nivel reportado (L)
LI-1	10 a 15		X	
LI-2	10 a 15		X	
LI-3	0.5 a 1		X	
LI-4	0.5 a 1		X	
LI-5	0.5 a 1		X	
LI-6	2 a 3		X	
LI-7	10 a 15		X	
LI-8	10 a 15		X	
LI-9	20 a 25		X	
LI-10	20 a 25		X	

Nota: Check List elaborada por nosotros, para ver de mejor manera esta check list, visitar.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/16CtaojGIXMmi52hnmcc_Z1f5hGgN1wX9/edit?usp=share_link&oid=104688621524253418380&rtpof=true&sd=true

6.2.8. Variables operativas en el tren de evaporadores

Esta check list verifica las variables operativas del banco de reactores después de la primera corrida, donde se tuvieron en cuenta variables de temperatura, presión y nivel, teniendo en cuenta que este banco está conformado por indicadores de temperatura, presión y nivel. El objetivo de esta lista de chequeo es recopilar información que en conjunto determina la viabilidad o no de la unidad, también de determinar si los indicadores funcionan de manera correcta. El tren de evaporadores se conforma de 12 indicadores de temperatura, 12 indicadores de presión y 10 indicadores de nivel.

Para esta lista se debe llenar únicamente las casillas de se cumple o no se cumple con la variable a evaluar, también se dejó una casilla para colocar la temperatura reportada en el momento de la primera corrida, al finalizar el programa nos dará un veredicto de si se ha cumplido con todas las variables operativas.

Figura 348.

Captura de la herramienta de Excel “Check List Variables Operativas en el Banco de Reactores”.

CHECK LIST VARIABLES OPERATIVAS EN EL TREN DE EVAPORADORES

Marcar con X si cumple, si no cumple se marca automaticamente

Ejemplo				
Equipo	Rangos de temperatura (°C)	Cumple	No cumple	Temperatura reportada (°C)
TI-1	Temperatura ambiente	X		

Tener en cuenta lo siguiente antes de llenar

- Si una seccion no es marcada con X, se prevee que no se esta cumpliendo

- Algunas secciones son mas riesgosas por lo que si no se cumplen, lo mas seguro es que la puesta en marcha no se pueda hacer

- El procedimiento que se recomienda para esta check list es el mismo utilizado en la simulacion (Seccion 4.2.2)

Indicadores de temperatura				
Equipo	Rangos de temperatura (°C)	Cumple	No cumple	Temperatura reportada (°C)
TI-1	Temperatura ambiente		X	
TI-2	100 a 120		X	
TI-3	Temperatura ambiente		X	
TI-4	120 a 130		X	
TI-5	Temperatura ambiente		X	
TI-6	140 a 150		X	
TI-7	Temperatura ambiente		X	
TI-8	140 a 150		X	
TI-9	Temperatura ambiente		X	
TI-10	120 a 130		X	
TI-11	Temperatura ambiente		X	
TI-12	Temperatura ambiente		X	

Porfavor completar el siguiente item:

Numero de personas en la operacion:

El numero de personas en los alrededores de la operacion no puede ser mayor a 10, debido a las areas de la zona

Cumple con todas las variables operativas

Indicadores de presion				
Equipo	Rangos de presion (bar)	Cumple	No cumple	Presion reportada (bar)
P-1	5 a 10		X	
P-2	5 a 10		X	
P-3	2 a 3		X	
P-4	2 a 3		X	
P-5	5 a 10		X	
P-6	2 a 3		X	
P-7	2 a 3		X	
P-8	5 a 10		X	
P-9	2 a 3		X	
P-10	2 a 3		X	
P-11	5 a 10		X	
P-12	0 a 1		X	

Indicadores de nivel				
Equipo	Rangos de nivel (L)	Cumple	No cumple	Nivel reportado (L)
LI-1	30 a 38		X	
LI-2	20 a 25		X	
LI-3	25 a 32		X	
LI-4	20 a 25		X	
LI-5	25 a 32		X	
LI-6	20 a 25		X	
LI-7	25 a 32		X	
LI-8	25 a 32		X	
LI-9	20 a 30		X	
LI-10	20 a 30		X	

Nota: Check List elaborada por nosotros, para ver de mejor manera esta check list, visitar.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1srIwwAUd7VuM_3OMEXqKFNC0X4HjYXhX/edit?usp=share_link&oid=104688621524253418380&rtpof=true&sd=true

Nota: Anexo archivo en Excel con las Check List, Link de acceso:

https://drive.google.com/drive/folders/1SZDwu_pT9ml8IWGeUlcw-r5eL8Nuocgm?usp=share_link

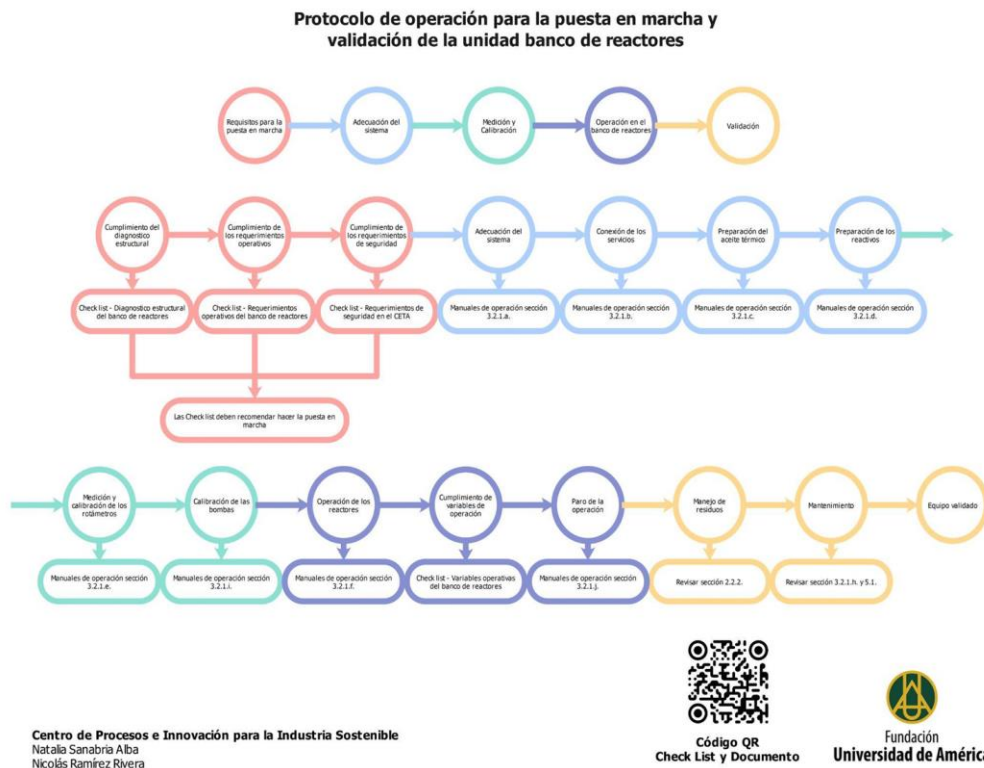
6.3. Protocolo de operación de las unidades

A partir de las referencias de las secciones 1.2 y 1.3, también teniendo en cuenta las secciones vistas en los capítulos 2, 3 y 4, se desarrolló un protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de las unidades del CETA.

6.3.1. Banco de reactores

Figura 349.

Diagrama del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.



Nota: Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4. Para ver de mejor manera este diagrama visitar:

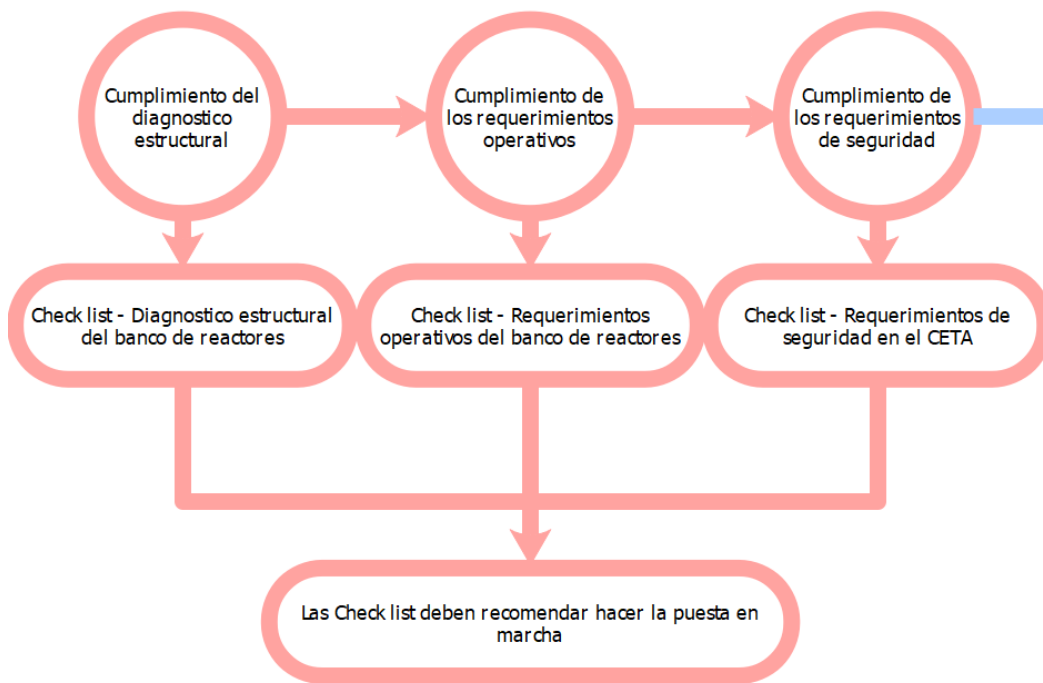
<https://drive.google.com/drive/folders/1eAXqle9MNWirZtEfuCk00PtCVdDIG5Lb>

El protocolo se divide por 5 partes, las cuales deben ser cumplidas en el orden establecido para así llegar a la validación de la unidad banco de reactores.

6.3.1.a. Primera parte del protocolo (Requisitos para la puesta en marcha).

Figura 350.

Primera parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.



Nota: Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4.

En esta primera parte de este protocolo, se deben cumplir con ciertos requisitos antes de empezar una puesta en marcha, estos requisitos son:

- Cumplimiento del diagnóstico estructural.
- Cumplimiento de los requerimientos operativos.
- Cumplimiento de los requerimientos de seguridad.

Para cumplir cada uno de estos ítems se debe llenar las check list respectiva, en el caso del diagnóstico estructural se debe llenar el formato Excel donde se especifica la calidad de cada uno de los elementos que componen la unidad banco de reactores, si algún componente se encuentra en mal estado debe ser reportado inmediatamente en esta check list, donde se dará un veredicto el cual determina si es recomendado hacer la puesta en marcha con la calidad de los equipos actual de la unidad.

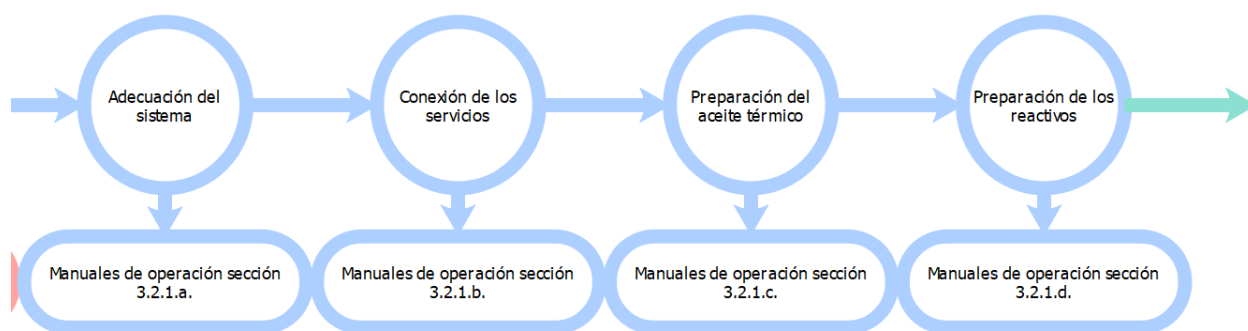
Para los requerimientos operativos se debe llenar el formato de Excel donde se debe especificar si se cumple con el área, suministro eléctrico, agua de servicio, líneas de desagüe y ventilación, si alguno de estos ítems no cumple es probable que el programa no recomiende hacer la puesta en marcha, y se deba cumplir con los requisitos operativos más importantes para que se lleve a cabo.

Los requerimientos de seguridad son para la zona en general, ya que independientemente del equipo que se vaya a operar, nos encontramos en un ambiente de peligros latentes, ya que en esos instantes puede estar funcionando la caldera o las bombas de circulación del agua, por ello es importante que todas las normas de seguridad que son mostradas en la Check list de Excel, sean cumplidas para evitar cualquier riesgo, por ello si la check list no nos recomienda hacer la puesta en marcha, debemos verificar que todos los ítems de la lista estén siendo cumplidos, o por lo menos los más importantes.

6.3.1.b. Segunda parte del protocolo (Adecuación del sistema).

Figura 351.

Segunda parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.



Nota: Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4.

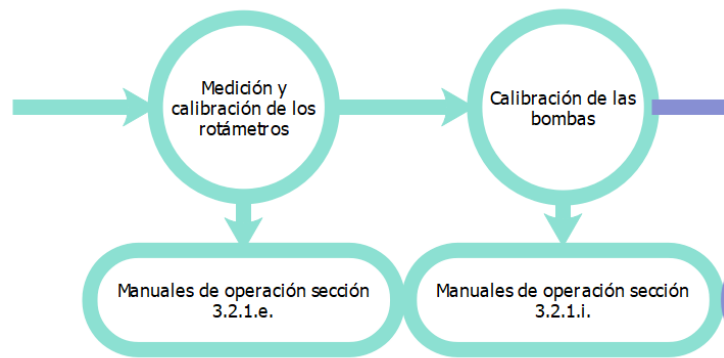
La adecuación del sistema se divide en 3 etapas, la conexión de los servicios, como el servicio eléctrico y el servicio de agua, la preparación del aceite térmico y la preparación de los reactivos. En la figura # se nos muestra que cada uno de los ítems de la adecuación del sistema nos lleva a una sección específica del manual de operaciones, sección 3.2 de este documento. En las respectivas secciones se encontrará un paso a paso de lo que debemos hacer para poder cumplir con esa etapa.

Para la preparación de los reactivos, es necesario hacer con anterioridad un estudio de la reacción que se hará, sino se hace un estudio se recomienda utilizar la reacción de la sección 4.2.1.a la cual es una reacción de saponificación, con materias primas económicas y las concentraciones son pequeñas, ideal para una operación de prueba o de docencia.

6.3.1.c. Tercera parte del protocolo (Medición y calibración).

Figura 352.

Tercera parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.



Nota: Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4.

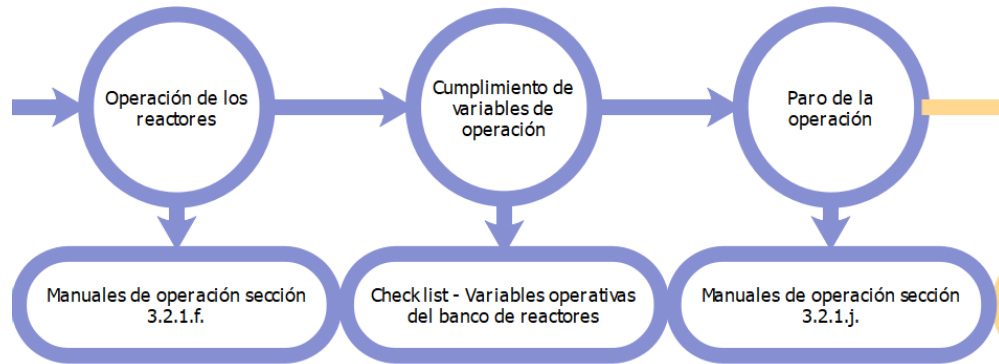
En medición y calibración solo se tuvieron en cuenta los rotámetros y las bombas, ya que los sensores de temperatura y presión serán revisados durante la primera corrida del banco de reactores (cuarta parte del protocolo), los rotámetros están calibrados para agua a 70°F, como la sustancia que se utilizara en los rotámetros no es agua sino los reactivos que se escojan en el momento, se debe tener en cuenta la calibración para la sustancia y temperatura específica, según la sección 3.2.1.e. como lo muestra la figura #.

En el caso de las bombas se debe verificar los parámetros de la presión a la que vayan a funcionar no sobrepasen los establecidos por el proveedor, para ello revisar la sección 3.2.1.i.

6.3.1.d. Cuarta parte del protocolo (Operación en el banco de reactores).

Figura 353.

Cuarta parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.



Nota: Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4.

Para la operación del banco de reactores, se debe tener en cuenta los diferentes tipos de operación que tiene este, como la sección de reactores CSTR en serie, o para manejar el reactor CSTR en modo batch. También la sección de reactores PFR y PBR tienen una operación en serie y otra simple, para realizar las diferentes operaciones revisar la sección 3.2.1.f.

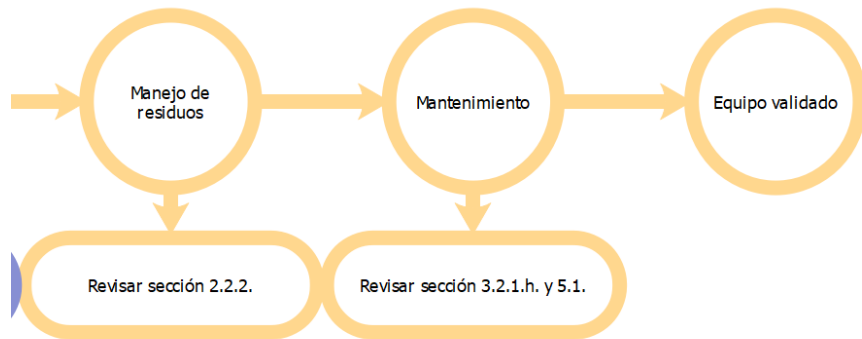
Luego de realizar la operación, se debe hacer una verificación de las variables operativas, para ello se utilizará la Check list de variables operativas del banco de reactores, en esta lista se revisarán las variables que arrojan cada uno de los sensores en la unidad, como los de temperatura, presión y los de nivel teniendo en cuenta el tipo de reacción que se haya escogido para la puesta en marcha, ya que la viscosidad de las sustancias involucradas puede alterar algunas variables.

Después de completar la operación en el banco de reactores y verificar variables de operación, se debe hacer un paro de la operación, para revisar que la unidad se detenga de manera segura, esto está establecido en la sección 3.2.1.j.

6.3.1.e. Quinta parte del protocolo (Validación).

Figura 354.

Quinta parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad banco de reactores.



***Nota:** Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4.*

Para completar la validación de la unidad banco de reactores es necesario establecer un modelo de manejo de residuos, para esto revisar la sección 2.2.2, donde se tiene en cuenta algunas normativas para el manejo de sustancias peligrosas. También debemos tener en cuenta que la unidad al estar en un constante uso debe ser monitoreada y manejar un plan de mantenimiento cada cierto tiempo, para ello revisar las secciones 3.2.1.h y 5.1. Luego de haber completado todos los pasos del protocolo, la unidad banco de reactores del CETA ha sido validada de manera exitosa.

6.3.2. Tren de evaporadores

Figura 355.

Diagrama del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.



Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible
Natalia Sanabria Alba
Nicolás Ramírez Rivera



Nota: Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4. Para ver de mejor manera este diagrama visitar:

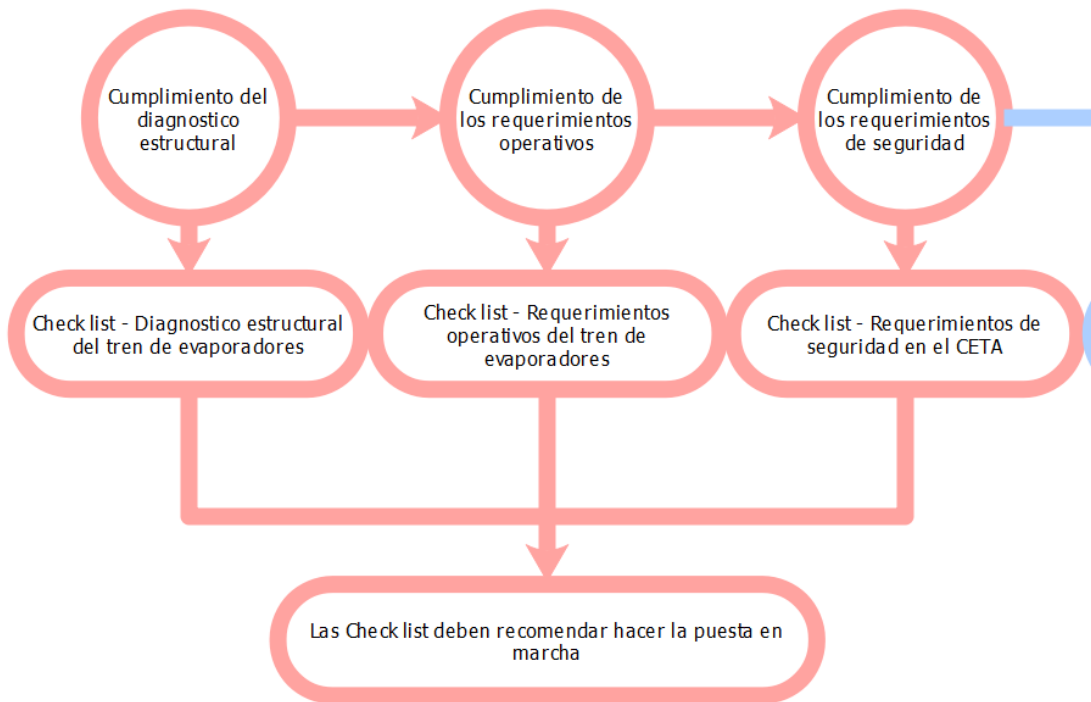
<https://drive.google.com/drive/folders/1eAXqle9MNWirZtEfuCk00PtCVdDIg5Lb>

Este protocolo al igual que el del banco de reactores se divide por 5 partes, las cuales deben ser cumplidas en el orden establecido para así llegar a la validación de la unidad tren de evaporadores

6.3.2.a. Primera parte del protocolo (Requisitos para la puesta en marcha).

Figura 356.

Primera parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.



Nota: Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4.

En esta primera parte de este protocolo, se deben cumplir con ciertos requisitos antes de empezar una puesta en marcha, estos requisitos son:

- Cumplimiento del diagnóstico estructural.
- Cumplimiento de los requerimientos operativos.
- Cumplimiento de los requerimientos de seguridad.

Para cumplir cada uno de estos ítems se debe llenar las check list respectiva, en el caso del diagnóstico estructural se debe llenar el formato Excel donde se especifica la calidad de cada uno de los elementos que componen la unidad tren de evaporadores, si algún componente se encuentra

en mal estado debe ser reportado inmediatamente en esta check list, donde se dará un veredicto el cual determina si es recomendado hacer la puesta en marcha con la calidad de los equipos actual de la unidad.

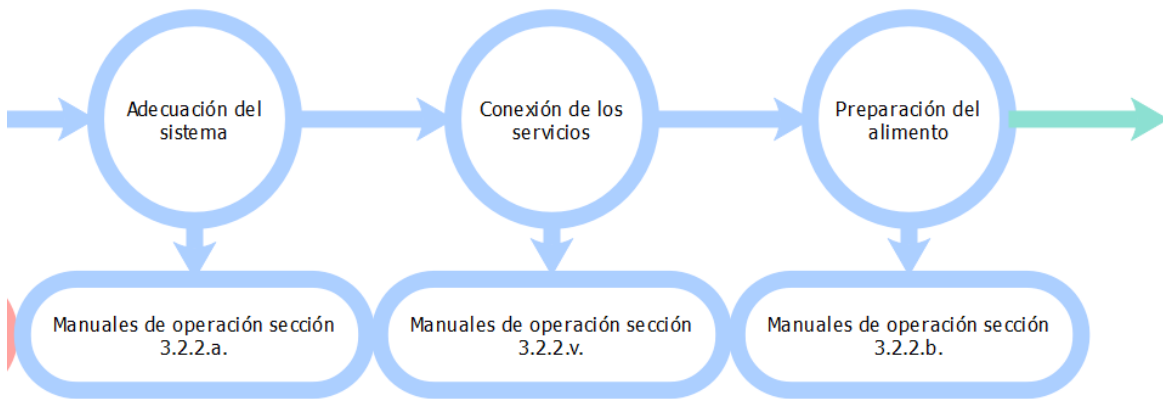
Para los requerimientos operativos se debe llenar el formato de Excel donde se debe especificar si se cumple con el área, suministro eléctrico, agua de servicio, líneas de desagüe y ventilación, si alguno de estos ítems no cumple es probable que el programa no recomiende hacer la puesta en marcha, y se deba cumplir con los requisitos operativos más importantes para que se lleve a cabo.

Los requerimientos de seguridad son para la zona en general, ya que independientemente del equipo que se vaya a operar, nos encontramos en un ambiente de peligros latentes, ya que en esos instantes puede estar funcionando la caldera o las bombas de circulación del agua, por ello es importante que todas las normas de seguridad que son mostradas en la Check list de Excel, sean cumplidas para evitar cualquier riesgo, por ello si la check list no nos recomienda hacer la puesta en marcha, debemos verificar que todos los ítems de la lista estén siendo cumplidos, o por lo menos los más importantes.

6.3.2.b. Segunda parte del protocolo (Adecuación del sistema).

Figura 357.

Segunda parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.



Nota: Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4.

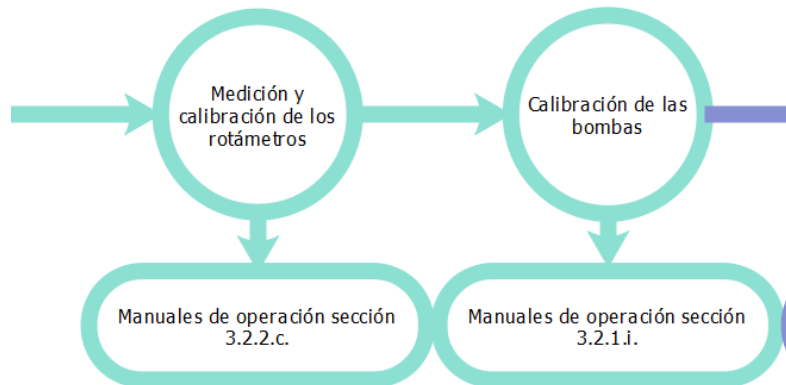
La adecuación del sistema se divide en 2 etapas, la conexión de los servicios, como el servicio eléctrico, el servicio de agua y el servicio de vapor de caldera, y la preparación del alimento. En la figura # se nos muestra que cada uno de los ítems de la adecuación del sistema nos lleva a una sección específica del manual de operaciones, sección 3.2 de este documento. En las respectivas secciones se encontrará un paso a paso de lo que debemos hacer para poder cumplir con esa etapa.

Para la preparación del alimento se debe tener en cuenta si se tomara el producto del banco de reactores, o se tomara una mezcla previamente establecida, luego de esto se seguirán los pasos de la sección 3.2.2.b.

6.3.2.c. Tercera parte del protocolo (Medición y calibración).

Figura 358.

Tercera parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.



Nota: Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4.

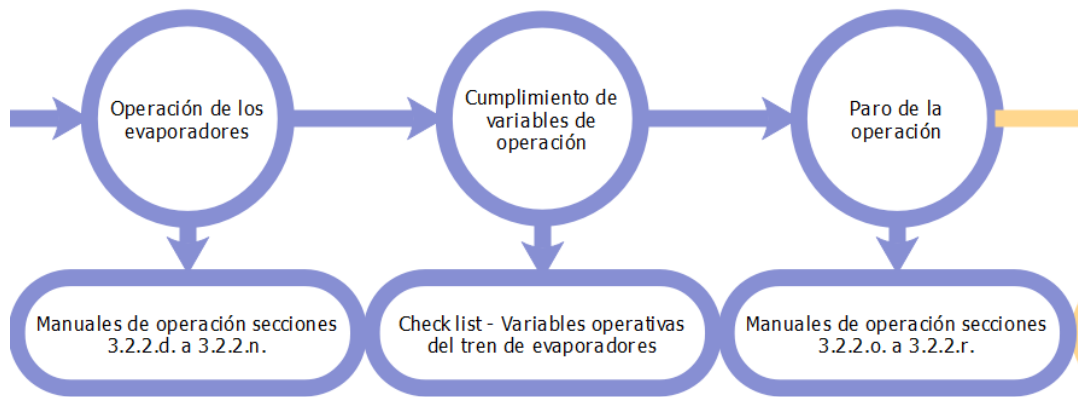
En medición y calibración solo se tuvieron en cuenta los rotámetros y las bombas, ya que los sensores de temperatura y presión serán revisados durante la primera corrida del tren de evaporadores (cuarta parte del protocolo), los rotámetros están calibrados para agua a 70°F, como la sustancia que se utilizara en los rotámetros no es agua sino las sustancias presentes en el alimento, se debe tener en cuenta la calibración para la sustancia y temperatura específica, según la sección 3.2.1.e y 3.2.2.c como lo muestra la figura #.

En el caso de las bombas se debe verificar los parámetros de la presión a la que vayan a funcionar no sobrepasen los establecidos por el proveedor, para ello revisar la sección 3.2.1.i.

6.3.2.d. Cuarta parte del protocolo (Operación en el banco de reactores).

Figura 359.

Cuarta parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.



Nota: Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4.

Para la operación del tren de evaporadores, se debe tener en cuenta los diferentes tipos de operación que tiene este, como la operación en simple efecto para cada uno de los evaporadores (tubos verticales, tubos horizontales, con chaqueta o con recirculación forzada), la operación de doble efecto teniendo en cuenta las diferentes combinaciones con los evaporadores disponibles, o la operación triple efecto donde se puede escoger entre flujos en paralelo o contra corriente. Para realizar las diferentes operaciones revisar las secciones 3.2.2.d a la 3.2.2.n.

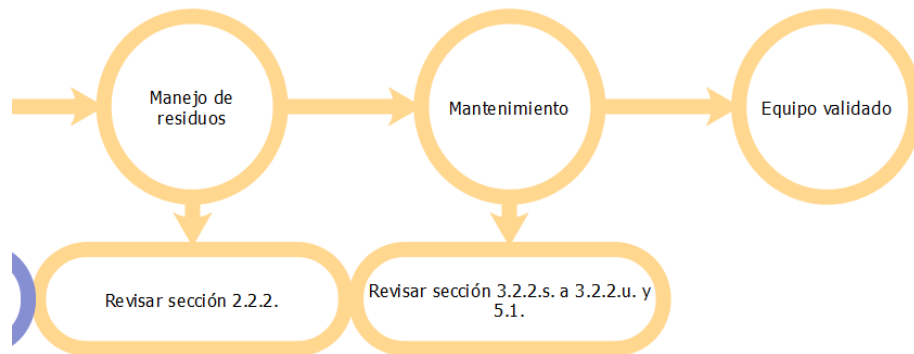
Luego de realizar la operación, se debe hacer una verificación de las variables operativas, para ello se utilizará la Check list de variables operativas del tren de evaporadores, en esta lista se revisarán las variables que arrojan cada uno de los sensores en la unidad, como los de temperatura, presión, peso y los de nivel teniendo en cuenta el tipo de alimento que se haya escogido para la puesta en marcha, ya que la viscosidad de las sustancias involucradas puede alterar algunas variables.

Después de completar la operación en el tren de evaporadores y verificar variables de operación, se debe hacer un paro de la operación, para revisar que la unidad se detenga de manera segura, esto está establecido en las secciones 3.2.2.o a la 3.2.2.r.

6.3.2.e. Quinta parte del protocolo (Validación).

Figura 360.

Quinta parte del protocolo de operación para la puesta en marcha y validación de la unidad tren de evaporadores.



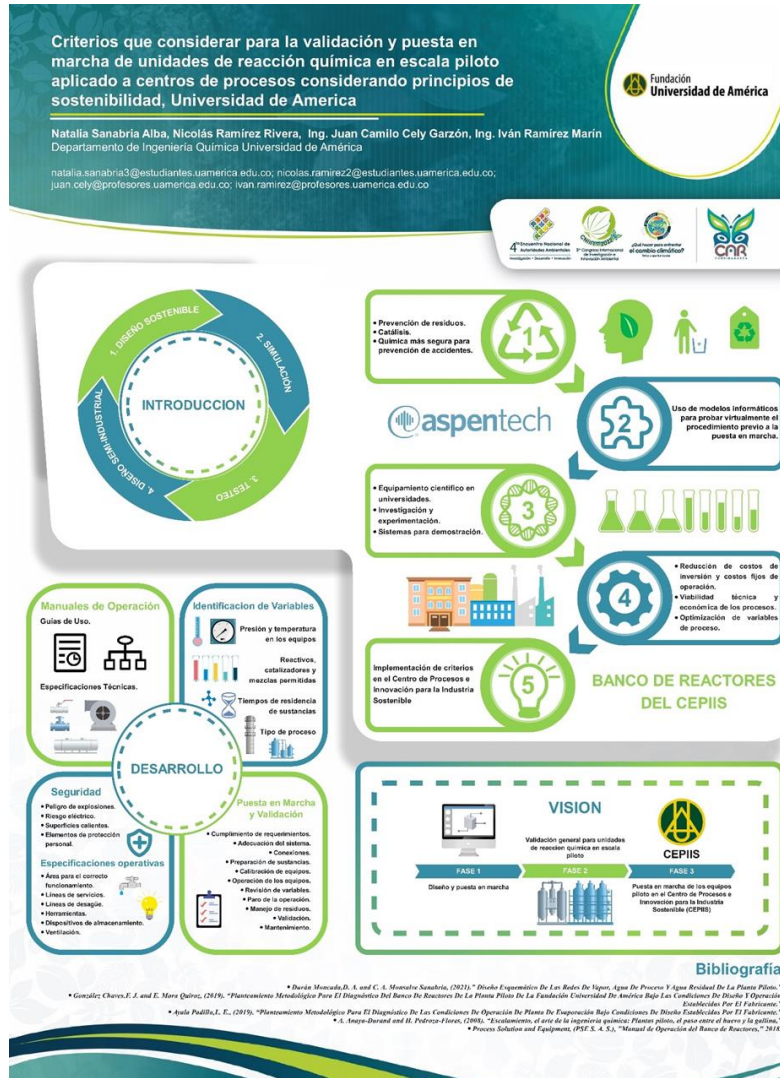
Nota: *Protocolo elaborado por nosotros tomando como referencia los capítulos 1, 2, 3 y 4.*

Para completar la validación de la unidad tren de evaporadores es necesario establecer un modelo de manejo de residuos, para esto revisar la sección 2.2.2, donde se tiene en cuenta algunas normativas para el manejo de sustancias peligrosas. También debemos tener en cuenta que la unidad al estar en un constante uso debe ser monitoreada y manejar un plan de mantenimiento cada cierto tiempo, para ello revisar las secciones 3.2.1.s a la 3.2.2.u y la sección 5.1. Luego de haber completado todos los pasos del protocolo, la unidad tren de evaporadores del CETA ha sido validada de manera exitosa.

6.4. Congreso internacional de investigación e innovación ambiental CNIIA-2022.

Figura 361.

Póster exhibido en el congreso internacional de investigación e innovación ambiental CNIIA-2022.



Nota: Propuesta escogida para la exhibición en el marco del CNIIA-2022 en el centro de convenciones ÁGORA, Bogotá Colombia, noviembre de 2022. Poster de elaboración propia

Como parte del estado del arte en favor de este proyecto, se presentó en el congreso internacional de investigación e innovación ambiental CNIIA 2022 la propuesta titulada: Criterios a considerar

para la validación y puesta en marcha de unidades de reacción química en escala piloto aplicado a centros de procesos considerando principios de sostenibilidad.

Esta iniciativa se dio con el fin de corroborar la aceptación y potencial aplicación del diseño preliminar del plan de validación de equipos con los aspectos generales de la propuesta del trabajo de grado en curso. Se presentó una síntesis del paso a paso y las consideraciones relevantes a nivel de planta piloto donde se expuso:

- Los referentes teóricos aportados por los manuales de operación.
- Consideraciones de seguridad y especificaciones operativas.
- Identificación de variables asociadas al proceso.
- Puesta en marcha y validación de los equipos.

Se propusieron aspectos medio ambientales que favorecen la sostenibilidad del proceso, el uso de modelos informáticos de simulación para identificar variables y predecir accidentes en diferentes escenarios, se sugirió contrastar la información teórica con plantas de procesos similares donde se evidenciara la caracterización de los planes de seguridad en las unidades de reacción química y se adjudicó a esta metodología como respuesta la optimización de recursos en la planta donde se aplicase.

Por último, se presentó la visión del proyecto enfocado al diseño del plan de validación de equipos primeramente en el Centro de procesos industriales de la Universidad de América (CEPIIS) como base de la investigación y futura aplicación.

7. CONCLUSIONES

Se desarrollaron los lineamientos y protocolos para la puesta en marcha y la validación de las unidades de procesos ubicadas en el Centro de Transformación y Adecuación (CETA) del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) de la Universidad de América.

Se revisó la información disponible de los requisitos de seguridad y de operación (Capítulo 2) tanto para el banco de reactores como para el tren de evaporadores. A partir de la información suministrada por la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de los Andes, se elaboró un análisis DOFA que nos permitió aclarar nuestra visión de lo que debe ser una planta piloto y los protocolos de seguridad que deben ser manejados.

Se hizo una descripción de las unidades del CETA (Sección 3.1) y una revisión de los manuales de operación (Sección 3.2), esta información fue suministrada por Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.) donde nosotros tuvimos la oportunidad de aprender de cada uno de los componentes de las unidades, su funcionamiento y el proceso que se manejara. A partir del estado operativo de las unidades (Secciones 3.1.1.h. y 3.1.2.i.), se hicieron unas Check list (Secciones #) que permiten evaluar si se hace un cumplimiento de los requerimientos operativos, por el momento no se ha podido determinar si estos requerimientos se están cumpliendo debido a que la construcción de la infraestructura de la planta del CEPIIS no ha finalizado.

Se realizó un diagnóstico estructural de las unidades (Secciones 3.3 y 3.4), donde se tuvo en cuenta el traslado de los equipos al edificio de la planta, para así determinar en qué momento pudieron haberse visto afectadas las unidades. Se determinó que las unidades no sufrieron daños graves, pero si se encontraron algunos rayones o perillas dañadas, esto no afecta el funcionamiento de las unidades, y pueden ser reemplazados fácilmente.

Se verificó mediante una simulación las variables de operación de los equipos del CETA, en esta corrida de diseño se hicieron algunos análisis teniendo en cuenta la temperatura y la presión, que son las variables donde más se hace control en las unidades. En esta corrida se utilizó una reacción de saponificación que produce acetato de sodio, esta mezcla fue enviada al tren de evaporadores para así aprovechar los beneficios que tiene el CETA haciendo una evaporación del agua y aumentar la pureza del acetato de sodio.

Se estructuro una estrategia orientada a las condiciones más adecuadas de operación del CETA (Sección 5.3), a partir de check list elaboradas por nosotros se pudo dar un veredicto donde se recomienda o NO se recomienda hacer la puesta en marcha, luego de cumplir con los requerimientos se hace una adecuación del sistema teniendo en cuenta conexiones de servicio y preparación de las sustancias a involucra. Después se hace la medición y calibración de algunos equipos como las bombas y los rotámetros, luego se hace la primera corrida donde se tiene en cuenta los diferentes modos operativos de las unidades y se hace una verificación de las variables operativas. Para finalizar se hace una revisión del manejo de residuos y el mantenimiento, para así terminar con una validación exitosa de la unidad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Anaya-Durand and H. Pedroza-Flores, (2008). "Escalamiento, el arte de la ingeniería química: Plantas piloto, el paso entre el huevo y la gallina,"
- [2] Lizardi – Ingeniería, Diseño y Control, "Puesta en marcha de sistemas", [En línea]. Available: <https://lizardi.net/servicios-ingenieria/puesta-en-marcha-de-sistemas/>
- [3] M. S. Ríos Tapia, C. Badilla Morales, Instituto de Salud Pública Ministerio de Salud de Chile, Validación de procesos. Available: <https://www.ispch.cl/sites/default/files/Validaci%C3%B3n%20de%20procesos%20productivos%20%28MSR%20y%20CBM%29.pdf>
- [4] SafetyCulture, "Validación del proceso", septiembre 2022. [En línea]. Available: <https://safetyculture.com/es/temas/proceso-de-validacion/>
- [5] Plazas Henry, K. A. (2020) Validación del proceso de producción de ciprofloxacina 500mg tabletas en Laboratorios Coaspharma. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América] Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8127>
- [6] GTG Ingenieros Seguridad Industrial, "Seguridad en maquinaria industrial", junio 2018. [En línea] Available: <https://gtg.es/2018/06/07/seguridad-en-maquinaria-industrial/>
- [7] Juan Carrillo Armenta, Adriana González and Lupita Cárdenas Cuevas, (octubre 20, 2008). "La importancia de los reactores químicos en las industrias." Available: <https://www.udg.mx/es/noticia/la-importancia-de-los-reactores-quimicos-en-las-industrias#:~:text=Son%20equipos%20que%20sirven%20para,un%20alimento%20o%20un%20f%C3%A1rmaco>
- [8] González Chaves, F. J. and E. Mora Quiroz, (2019). "Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico Del Banco De Reactores De La Planta Piloto De La Fundación Universidad De América Bajo Las Condiciones De Diseño Y Operación Establecidas Por El Fabricante."
- [9] FIGMAY, "Intercambiador de Calor de Casco y Tubos," 2016. Available: <https://figmay.com/intercambiador-de-calor-de-casco-y-tubos/>

- [10] P. p. M. Alberto, "Régimen Isotérmico en un RTACMP Diseño de Reactores Químicos F.Cunill, M.Iborra, J.Tejero," Available: <http://avibert.blogspot.com/2012/01/regimen-isotermico-en-un-rtacmp.html>.
- [11] H. S. Fogler and S. H. Fogler, *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 1999.
- [12] Jakobsen, H. A., 2008). "Chemical reactor modeling." *Multiphase Reactive Flows*.
- [13] Significados, "¿Qué es la evaporación?". Available: <https://www.significados.com/evaporacion/>.
- [14] Chemical World "Calendria - type / Standard vertical tube evaporator / Short tube evaporator," Available: <https://chemico-world.blogspot.com/2020/05/construction-it-consists-of-vertical.html>.
- [15] Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)," 2018.
- [16] De Dietrich Process Systems, "Evaporador de película delgada", 2022, [En línea]. Available: <https://www.dedietrich.com/es/soluciones-y-productos/destilacion-y-evaporacion/evaporador-de-pelicula-delgada>
- [17] Aplicación informática para el diseño y operación de Evaporadores de Múltiple Efecto en industria. – PDF, [En línea]. Available: <https://docplayer.es/58826912-Aplicacion-informatica-para-el-diseno-y-operacion-de-evaporadores-de-multiple-efecto-en-industria.html>.
- [18] *Evaporador de tubos horizontales*, McCabe W Y Otros (1991). *Operaciones Unitarias En Ingeniería Química* (4ª Ed.). España: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.
- [19] Universidad Abierta y a Distancia de México, 2012. "Balance de Masa y Energía, y Operaciones Unitarias".
- [20] BUFLOVAK PK – Hebel Process Solutions LLC, "Evaporador de circulación forzada", [En línea]. Available: <http://www.buflovak.es/productos/soluciones-de-evaporaci%C3%B3n-destilaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n/evaporador-de-circulaci%C3%B3n-forzada/>
- [21] INOXMIM, "¿Qué es una bomba industrial y cómo funciona?", [En línea]. Available: <https://www.inoxmim.com/blog-c/tipos-de-bombas-industriales>

- [22] *Tipos de Bombas» Mott, R. L. (2006). Mecánica De Fluidos (6a. ed., 1a. reimp.). México: Pearson Educación. Pág 385.*
- [23] Dhimex, “Dhimex Acerca de Nosotros”, [En línea]. Available: <http://www.dhimex.com/about.html>
- [24] Gunt Hamburg, “Maquinas fluidomecánicas hidráulicas”, Pag 306 – 307. Available: https://www.gunt.de/images/download/positive-displacement-pumps_spanish.pdf
- [25] *Tipos de Intercambiadores de Calor, Yunus A. Çengel. Transferencia De Calor Y Masa (3ª Ed.). Ee.Uu: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. Pág 606.*
- [26] Gometrics, *Instrumentation Calibration Validation, "Qué es un rotámetro," 2019.* Available: <https://www.gometrics.net/que-es-rotometro/>.
- [27] Anonymous "*Unidad 4 Sistemas Complejos De Tuberías Capítulo 2 Ideas Básicas De Dispositivos De Medida Sección 2: Medidas De La Velocidad Y El Caudal En Conducciones Forzadas. Medida De La Velocidad Puntual*".
- [28] J. S. Castillo Castellanos, C. G. Rodríguez Murcia, *Diseño De La Ingeniería En Detalle Para La Repotenciación De La Unidad De Extracción Multipropósito Para Prácticas No Presenciales / Engineering Design In Detail For The Potentiation Of The Multipurpose Extraction Unit In Non Presential Practices. Enero 2021.*
- [29] Ayala Padilla, L. E., (2019). “*Planteamiento Metodológico Para El Diagnóstico De Las Condiciones De Operación De Planta De Evaporación Bajo Condiciones De Diseño Establecidas Por El Fabricante.*”
- [30] Ley 1562 de 2012, Ministerio De Salud De Colombia, [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Ley-1562-de-2012.pdf>
- [31] Ley 842 de 2003, Ministerio De Educación De Colombia, [En línea]. Available: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-105031_archivo_pdf.pdf
- [32] Ley 9 de 1979, Ministerio De Salud De Colombia, [En línea]. Available: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf
- [33] Ley 18 de 1976, Congreso De La República De Colombia, [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=66138>

- [34] NTC-1500 Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, Comité de Instalaciones Hidráulicas. [En línea]. Available: <https://serviciudad.gov.co/docweb/normograma/Tecnica/NTC-1500%202.pdf>
- [35] Unidades de proceso: Visión general, Jeanne Mager Stellman Y Michael Mccann. Enciclopedia De Salud Y Seguridad En El Trabajo. Procesado Químico Cap. 77. Pág 77.5
- [36] Universidad de América, “Sistemas Integrados de gestión (Acerca de Nosotros)”, [En línea]. Available: <https://www.uamerica.edu.co/politica-sistemas-integrados-de-gestion/>
- [37] Comisiones Obreras de Aragón - Secretaria de Salud Laboral y Medioambiental, “Peligros y riesgos laborales”. Available: <https://www.saludlaboralymedioambiente.ccooaragon.com/saludlaboral/peligros-y-riesgos-laborales>
- [38] Área Metropolitana Valle de Aburra, “Gestión de Sustancias Químicas”, [En línea]. Available: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/consumo-sostenible/Gestion-de-sustancias-quimicas.aspx>
- [39] Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Manual de Operación del Banco de Reactores," 2018.
- [40] Process Solutions and Equipment, (PSE S. A. S.), "Tren de Evaporación Triple Efecto (Control Manual)," 2018.
- [41] L. M. Gonzalez Duarte, C. V. Sánchez Muñoz, "Propuesta Para El Desarrollo De Los Manuales De Operación Para El Centro De Transformación Y Adecuación (Ceta) Del Centro De Procesos E Innovación Para La Industria Sostenible (Cepiis)". Marzo 2023.
- [42] Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) – Universidad de América, “Higiene y seguridad industrial”, [En línea]. Available: <https://manualescepiisfua.weebly.com/>
- [43] Técnica de Fluidos, “Bombas dosificadoras”, [En línea]. Available: <https://www.tecnicafluidos.es/bombas-dosificadoras-t-3-es>
- [44] Multi Industrial, “Mezcladores estáticos”, [En línea]. Available: <https://multindustrial.com/app/productos/mezcladores-estaticos>

- [45] Beg Lubricantes, "Aceite Thermoil", [En línea]. Available: <https://www.beglubricantes.com/product/aceite-termico/>
- [46] Pedro Hernández, (Sep 15,2018). "Fluido o aceite térmicos para calefacción: sepa cómo monitorear", ALS Global. Available: <https://www.alsglobal.com/%2Fes-co%2Fnews%2Farticulos%2F2018%2F09%2Ffluido-trmico-o-aceite-trmico-para-calefaccin-sepa-cmo-monitorear>
- [47] Fluideco, "¿Qué es una bomba centrífuga? Funcionamiento tipos y usos". Available: <https://fluideco.com/que-es-una-bomba-centrifuga/>
- [48] Ascensores Excelsior "Tablero de control en el cuarto de máquinas: ¿por qué es tan importante?" 2021. Available: <https://www.grupoexcelsior.com/tablero-de-control-en-el-cuarto-de-maquinas-2/>
- [49] EPA-CICA, "Hoja de Datos – Tecnología de Control de Contaminantes del Aire", [En línea]. Available: <https://www3.epa.gov/ttnecat1/dir1/fcyclons.pdf>
- [50] Chemical Engineering Guy, "What is Aspen Plus", [En línea]. Available: <https://www.chemicalengineeringguy.com/the-blog/process-simulation/what-is-aspen-plus/>
- [51] Vadequímica, "Acetato de etilo", [En línea]. Available: <https://www.vadequimica.com/acetato-de-etilo-25litros.html>
- [52] Vadequímica, "Agua destilada", [En línea]. Available: <https://www.vadequimica.com/agua-destilada-25-60litros.html>
- [53] Vadequímica, "Acetato de etilo", [En línea]. Available: [https://www.vadequimica.com/hidroxido-de-sodio-quimicamente-puro-25-kg.html#:~:text=La%20sosa%20caustica%20qu%C3%ADmicamente%20pura,calor%20al%20disolverse%20en%20agua\).](https://www.vadequimica.com/hidroxido-de-sodio-quimicamente-puro-25-kg.html#:~:text=La%20sosa%20caustica%20qu%C3%ADmicamente%20pura,calor%20al%20disolverse%20en%20agua).)
- [54] Global Composites, "Acetato de Sodio / Sodium Acetate", [En línea]. Available: <https://www.globalcomposites.es/glossary/acetato-de-sodio-sodium-acetate/>
- [55] LibreTexts Chemistry, "Hydrolysis of Esters", [En línea]. Available: https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Basics_of_General_Organic_and_Biological_Chemistry_%28Ball_et_al.%29/15%3A_Organic_Acids_and_Bases_and_Some_of_Their_Derivatives/15.08%3A_Hydrolysis_of_Esters

- [56] Química Universal LTDA, "Hoja de Datos de Seguridad de Acetato de Etilo", [En línea]. Available: <https://quimicauniversal.cl/www/wp-content/uploads/2020/08/ACETATO-DE-ETILO-2018-min.pdf>
- [57] Química Universal LTDA, "Hoja de Datos de Seguridad de Agua Desmineralizada", [En línea]. Available: <https://quimicauniversal.cl/www/wp-content/uploads/2017/02/HDS-AGUADESMINERALIZADA-2018.pdf>
- [58] Química Universal LTDA, "Hoja de Datos de Seguridad de Soda Caustica", [En línea]. Available: <https://quimicauniversal.cl/www/wp-content/uploads/2019/06/hojadeseguridad-SODA-CAUSTICA-18.pdf>
- [59] Química Universal LTDA, "Hoja de Datos de Seguridad de Etanol", [En línea]. Available: <https://quimicauniversal.cl/www/wp-content/uploads/2020/07/ETANOL-ANHIDRO-2018.pdf>
- [60] Reactivos Meyer, "Hoja de Datos de Seguridad de Acetato de Sodio", [En línea]. Available: https://reactivosmeyer.com.mx/datos/pdf/reactivos/hds_2265.pdf
- [61] GUADALUPE, Katherine. *Diseño de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional basado en los lineamientos de la norma OHSAS 18001-2007 para la industria farmacéutica laboratorios G.F.* [En línea]. Tesis para optar por el título de Ingeniera en sistemas de calidad y emprendimiento. Universidad de Guayaquil, Facultad de ingeniería química, Proyecto de investigación, Guayaquil, Ecuador, 2017. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/32488/1/TESIS%20SYSO%20GF%20FINAL.pdf>
- [62] Ayyappan, K. R. et al, (-06-092009). "Catalytic Hydrolysis of Ethyl Acetate using Cation Exchange Resin (Amberlyst - 15): A Kinetic Study." *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. DOI: 10.9767/bcrec.4.1.22.16-22
- [63] ACOSTA, Jair y PEREZ, Rolando. *Estudio experimental y simulación de la saponificación del acetato de etilo en tres reactores CSTR en serie*, 2012.
- [64] AQICN, "ICA de Suba, Bogota" [En línea]. Available: <https://aqicn.org/city/colombia/bogota/suba/es/m/>
- [65] AspenTech, "Getting Started Guides" [En línea]. Available: <https://www.aspentech.com/en/getting-started-guides>

- [66] Espitia Velandia, M. y Vargas Jiménez, M. S. (2022) *Propuesta de un plan de gestión de riesgo en el centro de procesos e innovación para la industria sostenible (CEPIIS) de la Universidad de América utilizando las herramientas de análisis de riesgo What If, Hazop y la metodología Bow-Tie*. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América] Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/9033>
- [67] Ministerio de Salud y Protección Social, “Guía Para La Identificación De Peligros, Valoración De Riesgos Y Determinación De Controles,” Bogotá, 2022.
- [68] AISI 304 “Cía, general de aceros, Bogotá” [En línea]. Available: <https://www.cga.com.co/producto/aisi-304/>
- [69] PTFE – Politetrafluoroetileno “Plásticos de altas prestaciones Ensinger, Barcelona” [En línea]. Available: <https://www.ensingerplastics.com/es-br/semielaborados/plasticos-de-altas-prestaciones/ptfe>
- [70] EPDM Etileno Propileno “Caucho sintético Aislamiento y estanqueidad Erica S.L, Barcelona” [En línea]. Available: <http://www.ericas.es/epdm-etilenopropileno/#:~:text=Excelente%20resistencia%20al%20envejecimiento%2C%20incluso,los%20compuestos%20qu%20C3%ADmicos%20no%20hidrocarbonados>
- [72] Manuales “Centro de procesos e innovación para la industria sostenible CEPIIS, Bogotá” [En línea]. Available: <https://manualescepiisfua.weebly.com/>
- [73] Ácido Acético (Glacial) 100% Anhidro P.A. Emsure “Dotaciones laboratorio Blamis, Bogotá” [En línea]. Available: <https://blamis.com.co/acido-acetico-glacial-100-anhidro-p-a-emsurer-acis-iso-reag-ph-eur>
- [74] “Análisis funcional de ácidos carboxílicos, blog” [En línea]. Available: <http:// analisisfuncionaldeacidscarboxilicos.blogspot.com/2016/12/analisis-funcional-de-acidos.html>
- [75] Ácido acético ROTIPURAN 100% p.a “ficha de datos de seguridad ROTH, España” [En línea]. Available: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-3738-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzMzkyNzJ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oZjQvaDhLzkwMzk0MTQ2MjQyODYucGRmfGMxYTc5YT>

[c0Njg0ZDRiZWYxNjQwNTllN2U2ZmZhYTg1YzYyOWM4MjZiMTk0Y2VmNzM2NzJmNDFlZDlmM2ZmMGO](#)

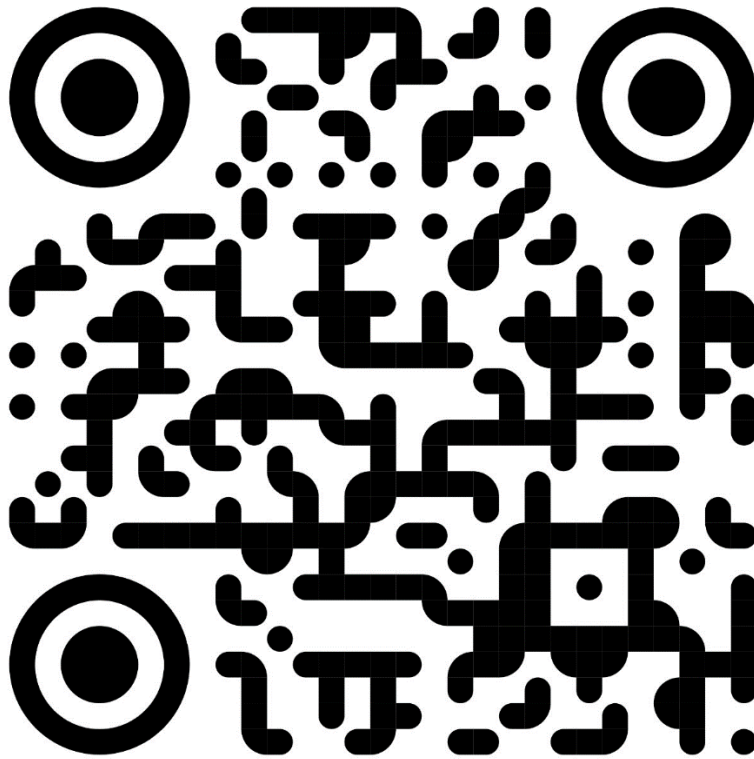
[76] Liu, Y. Liu, J. Hanzhao, Y. Zheng, Z y Aidong, Z. (2019) Estudio cinético de la esterificación de ácido acético con alcohol isopropílico catalizado por resina de intercambio iónico “ACS publications” [En línea]. Available: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.9b02994>

[77] Preparación del acetato de etilo “De Química, Recursos Educativos de Química” [En línea]. Available: <https://www.dequimica.info/preparacion-acetato-de-etilo/>

ANEXOS

ANEXO 1

CÓDIGO QR DE TODOS LOS ANEXOS DEL TRABAJO.



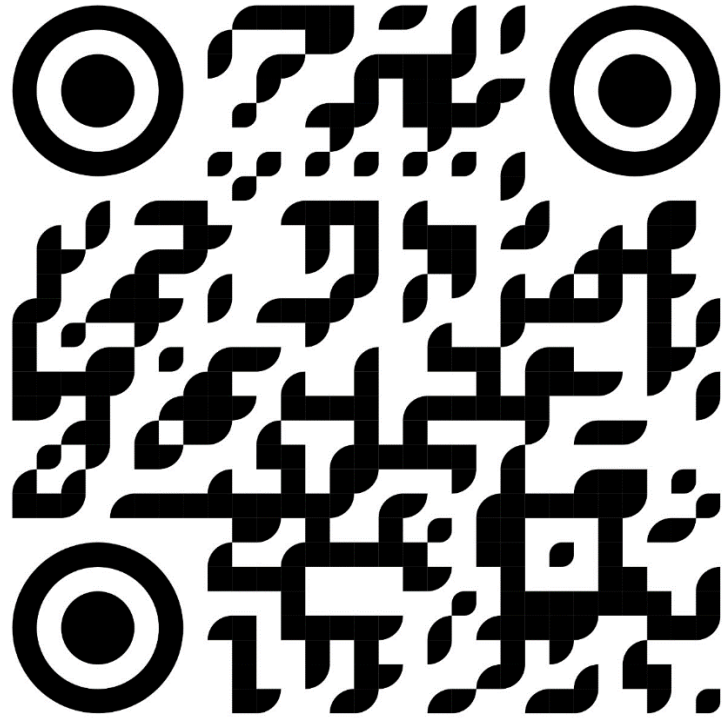
ANEXO 2

LINK DE TODOS LOS ANEXOS DEL TRABAJO.

<https://drive.google.com/drive/folders/13kCW8ADxODwtMKdw3sOHEkEWeFLSvdMH?usp=s>
hare link

ANEXO 3

CÓDIGO QR PÁGINA WEB DE LOS MANUALES DE OPERACIÓN DEL CEPIIS.



ANEXO 4

LINK DE PÁGINA WEB DE LOS MANUALES DE OPERACIÓN DEL CEPIIS.

<https://manualescepiisfua.weebly.com/>

ANEXO 5

RECOMENDACIONES

El equipo del CEPIIS ha venido haciendo un estudio y desarrollo en el proyecto de la planta piloto para la Universidad de América, donde se hizo primeramente el diseño de las unidades y del edificio de la planta, esto ya en 2019 se pudo concretar y hacer un comienzo de la construcción tanto de las unidades de cada zona como de la infraestructura de la planta. Hasta el día de hoy (4 de diciembre de 2022) las unidades fueron construidas y transportadas al edificio de la planta, esto se hizo en el momento en que la infraestructura no había sido terminada debido a que los equipos eran muy robustos y debían ser ingresados con una grúa (proceso de traslado de las unidades a la planta evidenciado en la bitácora de la sección 3.3), por lo cual hasta el día de hoy el edificio no ha sido terminado.

En estos momentos la infraestructura ya casi está terminada, pero aun hace faltan las tuberías para el servicio de vapor de caldera y agua de utilidad, así que la puesta en marcha se desarrollara en 2023. Nosotros como integrantes del equipo del CEPIIS seguiremos apoyando el proyecto y supervisando que el protocolo de puesta en marcha y validación de las unidades del CETA se cumpla.

Ya que se hizo un diagnóstico estructural de las unidades posterior a la instalación en el sitio, se recomienda reemplazar algunos de los ítems que fueron afectados en el momento del traslado, también algunos que desaparecieron, y estar chequeando frecuentemente el listado de ítems de las unidades. Process Solutions and Equipment (PSE S.A.S.) es el encargado de la fabricación de los equipos, por lo cual se debe estar pendiente de que se cumplan con la cantidad de ítems faltantes en el tren de evaporadores, ya que según el diagnóstico estructural, para que no se vieran afectados PSE no hizo la entrega de estos, sino hasta que se pudiera desarrollar la primera corrida de los equipos.