

MEMORIA TÉCNICA PARA LA ZONA CEPURE DE EL CENTRO DE PROCESOS E  
INNOVACIÓN PARA LA INDUSTRIA SOSTENIBLE (CEPIIS).

DANIEL SANTIAGO CABALLERO ROJAS

BRAYAN ESTIBEN MANCILLA CARDENAS

Proyecto integral de grado para optar al título de

INGENIERO MECÁNICO

Orientadores:

WILMAR MARTINEZ URRUTIA

INGENIERO ELECTRÓNICO

YOVANNY MORALES HERNÁNDEZ

INGENIERO QUÍMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA MECANICA

BOGOTÁ D.C

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Firma del director Firma del presidente jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, febrero de 2024

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica

Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Director(a) de Ingeniería mecánica

Ing. María Angélica Acosta Pérez

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.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco sobre todas las cosas, a mis padres, por todas las oportunidades que me han brindado, a mi madre por inculcarme valores y acompañarme durante todo el proceso académico. A mi padre, por el apoyo incondicional y sus consejos llenos de sabiduría. A mi hermano, por ser un referente de éxito profesional, y a todos en conjunto, por la paciencia a lo largo de toda mi vida, por ser una ayuda durante toda la carrera profesional y el soporte de todo lo que hago y haré. A el profesor Yovanny Morales, por extender su conocimiento en el área de diseño de plantas, que, aunque no hace parte de mi plan académico, fue información muy importante para consolidar todo el trabajo, a el profesor Wilmar Martínez, por enseñarme tanto respecto a el área de automatización y electrónica, el conocimiento que adquirí con él es un pilar de lo que ahora me dedico. A todos los profesores del CEPIIS por su apoyo, ayuda y confianza para elaborar no solo este proyecto, si no TODOS los trabajos que se realizaron con éxito durante mi colaboración en el CEPIIS. Agradezco a todas y cada una de las personas que me acompañaron en momentos difíciles, sin ustedes, este proceso pudo haber tenido un desenlace diferente.

- Daniel Santiago Caballero Rojas

Agradezco principalmente a Dios por darme la oportunidad de formarme como profesional, a mis padres por brindarme el apoyo incondicional para realizar mi carrera universitaria, a mi padre por ser esa persona paciente, comprensiva, llena de sabiduría, por todos y cada uno de sus consejos, a mi madre quien siempre me ha dado todo su amor, cariño, comprensión y compañía durante todos estos años, a mi hermanita quien llena mi vida de risas, por acompañarme en cada una de mis locuras sin cuestionarme, a mi tía por abrirme las puertas de su casa durante toda mi carrera además de ayudarme en mis dificultades con sus consejos y regaños. Gracias a mi familia y amigos por brindarme su ayuda cuando la he necesitado, Gracias a todas las personas que hicieron parte de este proyecto, al profesor Wilmar Martínez por su acompañamiento durante este proceso compartiendo su conocimiento y sabiduría, fueron de gran valor en el aprendizaje, durante este trabajo de grado y de mi carrera. Gracias a la Universidad América por permitir cumplir una meta más y de poder disfrutar de esta linda experiencia, por formarme como profesional y ser humano.

-Brayan Estiben Mancilla Cárdenas

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
1.1 <b>Objetivo general:</b>	<b>13</b>
1.2 <b>Objetivos específicos:</b>	<b>13</b>
<b>2.GENERALIDADES</b>	<b>14</b>
2.1 <b>Centro de procesos e innovación para la industria sostenible (CEPIIS).</b>	<b>14</b>
2.1.1 <i>Centro de purificación y refinación (CEPURE)</i>	<b>21</b>
2.2 <b>Instrumentación y control industrial</b>	<b>52</b>
<b>3.MEMORIA TÉCNICA</b>	<b>53</b>
3.1 <b>Diagrama P&amp;ID</b>	<b>53</b>
3.2 <b>Tabla De Estado y Gráficas De Función Secuencial (GRAFCET)</b>	<b>56</b>
3.3 <b>Interfaz Gráfica De Usuario</b>	<b>64</b>
<b>4.PARÁMETROS DE OPERACIÓN</b>	<b>67</b>
4.1 <b>Parámetros De Operación Segura</b>	<b>67</b>
4.1.1 <i>Planta De Absorción</i>	<b>69</b>
<b>5.CONCLUSIONES</b>	<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>75</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>79</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> <i>Edificación del Centro de Proceso e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS)</i>	15
<b>Figura 2</b> <i>Render planta de destilación</i>	16
<b>Figura 3</b> <i>Equipos del centro de transformación y adecuación (CETA)</i>	17
<b>Figura 4</b> <i>Planta térmica del centro de servicios industriales (CESI)</i>	18
<b>Figura 5</b> <i>Centro de control y optimización (COCO)</i>	19
<b>Figura 6</b> <i>Cuarto de bombas y RESPEL (CUBO)</i>	20
<b>Figura 7</b> <i>Laboratorio de proceso biológicos (BIOCAL)</i>	21
<b>Figura 8</b> <i>Planta de absorción armada</i>	23
<b>Figura 9</b> <i>Tablero de control</i>	26
<b>Figura 10</b> <i>Válvula de globo</i>	27
<b>Figura 11</b> <i>Válvula de bola</i>	27
<b>Figura 12</b> <i>Transmisor de humedad y temperatura</i>	28
<b>Figura 13</b> <i>Transmisor de temperatura tipo K</i>	29
<b>Figura 14</b> <i>Tanque humidificador (TK-202)</i>	30
<b>Figura 15</b> <i>Plano tanque humidificador (TK-202)</i>	31
<b>Figura 16</b> <i>Trampa de condensados</i>	32
<b>Figura 17</b> <i>Plano Trampa de condensados</i>	33
<b>Figura 18</b> <i>Tanque recuperador de solvente (TK-203)</i>	34
<b>Figura 19</b> <i>Plano del tanque recuperador de solvente (TK-203)</i>	35
<b>Figura 20</b> <i>Almacenamiento de solvente (TK-201)</i>	36
<b>Figura 21</b> <i>Plano de tanque de almacenamiento de solvente (TK-201)</i>	37
<b>Figura 22</b> <i>Tuberías y válvulas en acero inoxidable 18/8 (AISI 304)</i>	38
<b>Figura 23</b> <i>Empaques de la torre de absorción</i>	39
<b>Figura 24</b> <i>Ensamble torre de absorción</i>	40
<b>Figura 25</b> <i>Plano sección torre de absorción</i>	41
<b>Figura 26</b> <i>Redistribuidor de solvente</i>	42
<b>Figura 27</b> <i>Plano redistribuidor de solvente</i>	43
<b>Figura 28</b> <i>Cabezal inferior de la torre de absorción</i>	44

<b>Figura 29</b>	<b><i>Plano del cabezal inferior de la torre de absorción</i></b>	<b>45</b>
<b>Figura 30</b>	<b><i>Cabezal superior de la torre de absorción</i></b>	<b>46</b>
<b>Figura 31</b>	<b><i>Plano del cabezal superior de la torre de absorción</i></b>	<b>47</b>
<b>Figura 32</b>	<b><i>Plano de la tapa de cabezal superior</i></b>	<b>48</b>
<b>Figura 33</b>	<b><i>Bomba centrífuga</i></b>	<b>49</b>
<b>Figura 34</b>	<b><i>Bomba de diafragma</i></b>	<b>50</b>
<b>Figura 35</b>	<b><i>Bomba de vacío</i></b>	<b>51</b>
<b>Figura 36</b>	<b><i>Representación en LabVIEW del compresor</i></b>	<b>52</b>
<b>Figura 37</b>	<b><i>P&amp;ID Planta de Absorción sección 1/3</i></b>	<b>54</b>
<b>Figura 38</b>	<b><i>P&amp;ID Planta de Absorción sección 2/3</i></b>	<b>55</b>
<b>Figura 39</b>	<b><i>P&amp;ID Planta de Absorción sección 3/3</i></b>	<b>56</b>
<b>Figura 40</b>	<b><i>Modelo de estados y procedimientos</i></b>	<b>58</b>
<b>Figura 41</b>	<b><i>Gráfico de función secuencial de ralentizando</i></b>	<b>61</b>
<b>Figura 42</b>	<b><i>Gráfica de función secuencial calentar</i></b>	<b>62</b>
<b>Figura 43</b>	<b><i>Gráfica de función secuencial apagando</i></b>	<b>63</b>
<b>Figura 44</b>	<b><i>Gráfica de función secuencial producir</i></b>	<b>64</b>
<b>Figura 45</b>	<b><i>LabVIEW Planta de Absorción</i></b>	<b>65</b>
<b>Figura 46</b>	<b><i>Plano de pasarela de destilación a absorción</i></b>	<b>73</b>
<b>Figura 47</b>	<b><i>QR Dibujo de detalle planta de absorción</i></b>	<b>80</b>
<b>Figura 48</b>	<b><i>QR Manual de operación de LabVIEW de la planta de absorción</i></b>	<b>87</b>
<b>Figura 49</b>	<b><i>QR Archivo ejecutable LabVIEW de la planta de absorción</i></b>	<b>88</b>
<b>Figura 50</b>	<b><i>QR Plano P&amp;ID de la planta de absorción</i></b>	<b>89</b>
<b>Figura 51</b>	<b><i>QR Tablas de estados de la planta de absorción</i></b>	<b>90</b>
<b>Figura 52</b>	<b><i>QR Gráficos de función secuencial GRAFCET de la planta de absorción</i></b>	<b>91</b>
<b>Figura 53</b>	<b><i>Catálogo de electrobomba centrífuga</i></b>	<b>92</b>
<b>Figura 54</b>	<b><i>Catálogo de electrobomba centrífuga</i></b>	<b>93</b>
<b>Figura 55</b>	<b><i>Catálogo de electrobomba centrífuga.</i></b>	<b>94</b>
<b>Figura 56</b>	<b><i>Catálogo de electrobomba centrífuga</i></b>	<b>95</b>
<b>Figura 57</b>	<b><i>Catálogo de electrobomba centrífuga</i></b>	<b>96</b>
<b>Figura 58</b>	<b><i>Catálogo de electrobomba centrífuga</i></b>	<b>97</b>
<b>Figura 59</b>	<b><i>Catálogo de electrobomba centrífuga</i></b>	<b>97</b>

<b>Figura 60</b>	<b><i>Catálogo de bomba de diafragma</i></b>	<b>98</b>
<b>Figura 61</b>	<b><i>Catálogo de bomba de diafragma</i></b>	<b>99</b>
<b>Figura 62</b>	<b><i>Catálogo de bomba de diafragma</i></b>	<b>100</b>
<b>Figura 63</b>	<b><i>Catálogo de bomba de diafragma</i></b>	<b>101</b>
<b>Figura 64</b>	<b><i>Catálogo de bomba de diafragma</i></b>	<b>102</b>
<b>Figura 65</b>	<b><i>Catálogo de bomba de diafragma</i></b>	<b>103</b>
<b>Figura 66</b>	<b><i>Catálogo de bomba de diafragma</i></b>	<b>104</b>
<b>Figura 67</b>	<b><i>Catálogo de bomba de diafragma</i></b>	<b>105</b>
<b>Figura 68</b>	<b><i>Catálogo de bomba de diafragma</i></b>	<b>106</b>
<b>Figura 69</b>	<b><i>Catálogo de bomba de diafragma</i></b>	<b>107</b>
<b>Figura 70</b>	<b><i>Catálogo de bomba de vacío</i></b>	<b>108</b>
<b>Figura 71</b>	<b><i>Catálogo de bomba de vacío</i></b>	<b>109</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1 <i>Nomenclatura de tubería P&amp;ID</i></b>	<b>54</b>
<b>Tabla 2 <i>Tabla de estado Absorción Dióxido de Carbono con MEA</i></b>	<b>59</b>
<b>Tabla 3 <i>Tiempos de corrida para la GUI en LabVIEW</i></b>	<b>66</b>
<b>Tabla 4 <i>Riesgos evidenciados y expuestos por el proveedor de la unidad</i></b>	<b>69</b>
<b>Tabla 5 <i>Requerimientos de la planta para operar</i></b>	<b>70</b>
<b>Tabla 6 <i>Variables de operación planta de absorción</i></b>	<b>72</b>
<b>Tabla 7 <i>Lista De Chequeo De Operación Segura</i></b>	<b>81</b>
<b>Tabla 8 <i>Lista De Elementos De Protección Personal</i></b>	<b>84</b>
<b>Tabla 9 <i>Lista De Verificación De Válvulas</i></b>	<b>85</b>

## RESUMEN

La planta de absorción del centro de procesos e innovación para la industria sostenible (CEPIIS), es de gran valor académico y económico para la universidad de América, por esto se generó una memoria técnica para asegurar su correcta operación y la seguridad de los usuarios, brindando una previa visualización del proceso en una interfaz gráfica de usuario.

La memoria técnica contiene 4 ítems, Primero: Planos de instrumentación y tuberías (P&ID) del equipo real en planta. Segundo: Tablas de estado y gráficos de función secuencial para el proceso asignado. Tercero: Interfaz gráfica de usuario. Y cuarto: Parámetros de operación segura.

Se realizó una verificación de los planos y manuales de operación entregados por el fabricante, los cuales presentaban incongruencias en su contenido, varios instrumentos y algunas tuberías no coincidían con los planos entregados por el fabricante, además de ausencia de nomenclaturas en las líneas de tuberías. Se hicieron los planos que corresponden al equipo real en planta, con su respectiva nomenclatura y lazos de control abiertos.

Se estudió la generalidad del proceso y se construyeron gráficos de función secuencial (GRAFCET) para hacer el proceso con el equipo que se tiene en el centro.

Para poder ejecutar los GRAFCET se construyó una tabla donde se registraron todos los estados por los que el equipo puede pasar, allí se contienen cada uno de los instrumentos y su disposición. Cuando el usuario va a realizar las acciones requeridas en los esquemas se debe apoyar de la tabla mencionada anteriormente.

Las gráficas de función secuencial se integraron en una interfaz gráfica de usuario que se hizo en LabVIEW. Esta interfaz muestra en dos dimensiones una imagen del equipo.

Palabras clave: Aminas, CEPIIS, Interfaz Gráfica, Memoria técnica, Monoethanolamina, P&ID, Planta de absorción, Tablas de estado.

## INTRODUCCIÓN

La Universidad América ha desplegado un esfuerzo significativo para construir el centro de procesos e innovación para la industria sostenible (CEPIIS), este se encuentra en el eco campus de los cerros de la universidad en el área de bienestar universitario. Allí se encuentran diversos equipos que permiten conformar la planta de procesos químicos a escala piloto que puede ofrecer servicios a gran variedad de industrias, pues se pueden realizar diferentes procesos como la destilación de sustancias, absorción, concentración, secado, extracción, evaporación, reacciones y procesos biológicos en el laboratorio especializado BIOCAL. Todos y cada uno de estos procesos se efectúan a una escala menor que la industrial, esta planta se convierte en una herramienta de gran valor, genera un acercamiento mucho más amplio en el desarrollo del aprendizaje y formación de estudiantes de la facultad de ingeniería. Este centro se ha construido con el propósito de incrementar la curva de aprendizaje de los estudiantes, cerrando la brecha entre academia e industria, creando la oportunidad de realizar prácticas y proyectos de investigación en un entorno semi-industrial, que permita consolidar los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas.

Conforme con lo mencionado, este trabajo está enfocado el desarrollo de una memoria técnica que permita la adquisición de conocimientos y aplicación de estos en los equipos que se encuentran en planta. Esta memoria contiene todos los elementos esenciales que componen la planta de absorción, con esto se garantiza su operación correcta y segura.

La memoria técnica integra los diagramas de instrumentación y tuberías (P&ID), tablas de estado y Gráficos de función secuencial (GRAFCET) que ayudan a desarrollar un proceso específico, así como una interfaz gráfica de usuario diseñada en el software de programación LabVIEW para darle una previa visualización y conocimiento de la operación de la unidad de absorción a los potenciales usuarios. Esto permite la comprensión y concientización de la seguridad y requerimientos para ingresar a la planta y hacer uso del equipo.

Con el fin de garantizar la integridad del centro, la seguridad y salud de los operarios, encargados, visitantes y las personas que se encuentran a sus alrededores, se ha incorporado una lista de verificación de parámetros de operación segura.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo general:

- Construir de una memoria técnica para la Torre de absorción del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) de la Universidad de América.

### 1.2 Objetivos específicos:

- Elaborar los planos P&ID por módulos de equipos, Tablas de estado y Gráficos de función secuencial (GRAFCET) para la Torre de absorción en un proceso simple
- Integrar los P&ID por módulos de equipos, Tablas de estado y Gráficos de función secuencial en una interfaz gráfica de usuario donde se visualice el proceso seleccionado y una estimación de tiempo requerido para el proceso.
- Generar una lista chequeo con los parámetros de operación segura para la manipulación del equipo.

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1 Centro de procesos e innovación para la industria sostenible (CEPIIS).**

Una planta piloto es descrita como una planta de proceso a pequeña escala, es diseñada para obtener información previa a la implantación del proceso en una escala de producción industrial. A través de esta, se puede conocer si el proceso es viable o si requiere más modificaciones, tanto en materias primas, equipos o condiciones físicas y químicas (ej. Temperatura, presión, concentración), así como costos de operatividad, prevención de accidentes o incidentes.

El CEPIIS es el Centro de procesos e innovación para la industria sostenible de la Universidad de América, una planta piloto de nivel semi-industrial, que incentiva el desarrollo de habilidades y competencias en el campo de la ingeniería, a través del aprendizaje técnico, investigativo y operativo, acerca de los procesos disponibles del centro. Fue diseñada con infraestructuras innovadoras, a la vanguardia y adecuadas para llevar a cabo procesos industriales ejecutados a pequeña escala. Se han diseñado seis zonas diferentes, estas fueron nombradas y clasificadas según el proceso y los equipos que hay en cada una de ellas, todas las zonas están finalmente integradas con el fin de reproducir a escala procesos productivos y permitir un aprovechamiento energético.

## Figura 1

### *Edificación del Centro de Proceso e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS)*



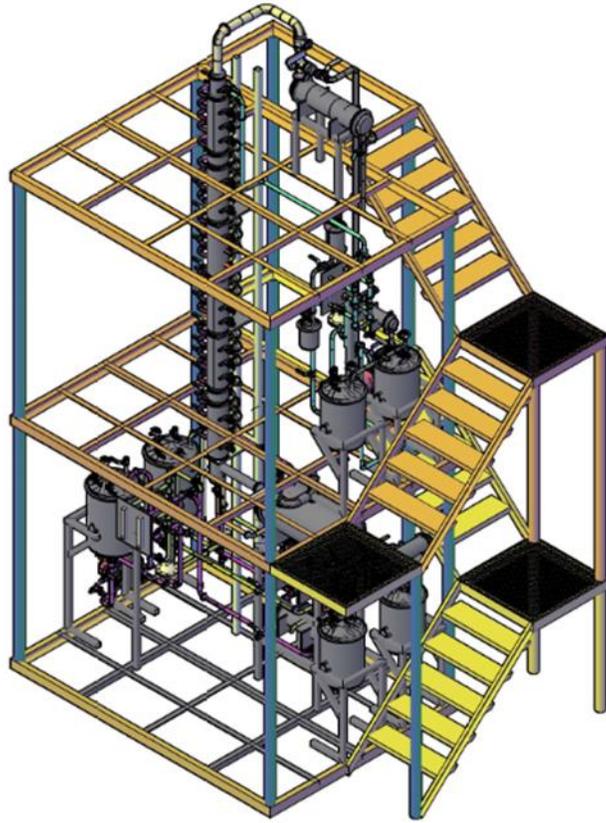
*Nota.* La Figura 1 representa la edificación finalizada CEPIIS en la Universidad de América.

Para la zonificación del centro, la universidad realizó la compra de los equipos con la empresa PSE quienes estuvieron a cargo del diseño y el montaje de las unidades, las cuales se entregaron con planos y rendes como se ve en la Figura 2, y las ubicaron en el lugar definido por ingenieros con experiencia en el ámbito, entre ellos los ingenieros Iván Ramírez, Yovanny Morales, Luis Figueroa, Juan Camilo Cely y Wilmar Martínez.

CEPURE: Por sus siglas abreviadas; centro de purificación y refinación el cual cuenta con los siguientes equipos: Secador por bandejas, planta de extracción Sólido-Líquido y Líquido-Líquido, planta de destilación, planta de absorción y filtro prensa.

**Figura 2**

*Render planta de destilación*



*Nota.* La Figura 2 representa el render de la planta de destilación del Centro de Purificación y Refinación (CEPURE) del CEPIIS en la Universidad de América.

### Figura 3

*Equipos del centro de transformación y adecuación (CETA)*



*Nota.* La Figura 3 representa los equipos ubicados en el centro de transformación y adecuación de materia prima del CEPIIS en la Universidad de América.

CETA: Por sus siglas abreviadas; centro de transformación y adecuación esta zona cuenta con: Banco de reactores y tren de evaporadores. Se muestra una foto de la zona en la Figura 3.

CESI: Por sus siglas abreviadas Centro de servicios industriales, en esta zona se cuenta con: Planta térmica, torre de enfriamiento, caldera y planta de tratamiento de aguas industriales (PTAI). En la Figura 4 se muestra una foto de la planta tomada en la zona.

## Figura 4

*Planta térmica del centro de servicios industriales (CESI)*



*Nota.* La Figura 4 representa la planta de generación de vapor ubicada en el centro de servicios industriales del CEPIIS en la Universidad de América.

COCO: Por sus siglas abreviadas; centro de optimización y control. Esta zona está dotada de los siguientes equipos: UPS, unidades de cómputo, Workstation, tableros de control. La zona se muestra en la Figura 5.

## Figura 5

*Centro de control y optimización (COCO)*



*Nota.* La Figura 5 representa la zona asignada dentro del CEPIIS en la Universidad de América para controlar y optimizar los procesos de la planta.

CUBO: Por sus siglas abreviadas, cuarto de bombas, residuos RESPEL, reactivos y tanques de agua. Mostramos una imagen de la instalación en la Figura 6.

## Figura 6

*Cuarto de bombas y RESPEL (CUBO)*



**Nota.** La Figura 6 representa la edificación del cuarto de bombas, residuos RESPEL, reactivos y tanques (CUBO) del CEPIIS en la Universidad de América.

BIOCAL: Por sus siglas abreviadas; centro de calidad y de procesos biológicos. En esta zona tenemos los siguientes equipos: Biorreactor Fermentador, reactor de alta presión, gases especiales. Se muestran algunos equipos y una imagen de la zona en la Figura 7.

## **Figura 7**

### *Laboratorio de proceso biológicos (BIOCAL)*



*Nota.* La Figura 7 el laboratorio de procesos biológicos y calidad (BIOCAL) del CEPIIS en la Universidad de América.

#### ***2.1.1 Centro de purificación y refinación (CEPURE)***

Es la zona en la que se llevan las materias primas adecuadas anteriormente en el centro de transformación y adecuación (CETA), para ser finalmente transformadas en un producto de interés. El centro de purificación y refinación está constituido por equipos de proceso tales como torre de absorción, torre de destilación, extractor solido-liquido, liquido-liquido, secador de bandejas, filtro prensa.

En la industria uno de los procesos con mayor aplicación es la purificación, este es un procedimiento esencial para separar y en algunos casos concentrar sustancias dentro de una mezcla, es decir, se cambian las cantidades relativas cuando existen dos o más sustancias en una mezcla de tipo homogénea o heterogénea.

2.1.1.a Proceso de absorción. La absorción de gases es una operación unitaria empleada para la separación de mezclas de dos o más componentes, la utilidad de esta operación es la eliminación de impurezas o contaminantes y así recuperar productos químicos de interés o alto valor, todo esto se hace sometiendo el sistema a condiciones de temperatura y presión determinadas según el proceso y producto que se quiera obtener.

En este sistema se tiene dos fases gas-líquido, que interactúan en una torre como la que se muestra en la Figura 8 lo que se busca es un equilibrio, para esto se ingresa el soluto (fase gaseosa) por la parte inferior de la torre, el solvente (fase líquida) es asperjado por la parte superior de la torre. Al interior de la torre, cuando el solvente y el soluto entran en contacto, empieza la absorción. Para elegir un solvente se estudia que uno de los componentes sea insoluble en este para obtener mayor nivel de eficiencia en la separación de componentes, se requiere de una revisión a propiedades como la volatilidad del solvente para evitar su cambio de estado y que contamine la fase gaseosa, asimismo se debe considerar la compatibilidad química con el material en el que está construida la planta de absorción; los componentes que fueron absorbidos o transferidos de la fase gaseosa se denominan solutos y la fase líquida es el solvente o absorbente [2,3].

En los procesos de absorción lo más común es trabajar a bajas temperaturas o temperatura ambiente y con presiones superiores a la atmosférica debido a que los gases aumentan su solubilidad en líquidos cuando hay aumentos de presión.

## Figura 8

### *Planta de absorción armada*



*Nota.* La Figura 8 es la representación de la planta de absorción montada en las instalaciones del proveedor para el CEPIIS en la Universidad de América.

2.1.1.b Descripción planta de absorción. Para la descripción y reconocimiento de los componentes de la planta de absorción, se hizo uso de los manuales y guías entregados por el proveedor PSE, de allí se hizo un levantamiento de información sobre materiales, capacidades, instrumentos y unidades que conforman la planta. Se realizó la toma de medidas de tuberías, tanques y otros para la elaboración de planos que permitan a los ingenieros químicos de la universidad simular los procesos que se pueden realizar en software especializados donde se requieran datos de geometrías internas.

El centro de procesos cuenta con un equipo construido todo en acero inoxidable 18/8 (AISI 304) con acabado brillante. Este material previene la corrosión, evita la adherencia de bacterias, moho, entre otros contaminantes, con esto, se garantiza un producto final inocuo. También es de fácil lavado, lo que permite la eliminación de sustancias, olores y otros contaminantes. La planta de absorción cuenta con una torre de aproximadamente 2m de altura. Cuenta con: tanque para almacenamiento de solvente fresco (TK-201), bomba de diafragma (P-201) que lleva el solvente desde el tanque (TK-201) hasta la torre donde es asperjado. El tanque recuperador de solvente, o tanque de solvente gastado, recoge el solvente que sale de la parte inferior de la columna para ser regenerado. En este proceso de regeneración, se generan vapores de solvente, que son llevados a la trampa de vacío (TV-201). La trampa se debe llenar con hielo, y tiene conexión a una bomba de paletas (PV-201) encargada de generar una zona de baja presión en la trampa (TV-201), el vapor se mueve a la zona de menor presión para ser condensado y recuperado. El solvente que sigue en fase líquida en el tanque recuperador, es recirculado (desde el TK-203 hasta el TK2-01) con una bomba centrífuga (P-202). Se tiene un compresor (CA-201) acoplado a el tanque humidificador (TK-202) para elevar la presión por encima de la atmosférica. El tanque humidificador (TK-202) se tiene para garantizar la saturación completa del gas y elevar la eficiencia del proceso, a la salida del humidificador, se tiene una trampa de condensados, para evitar que cualquier sustancia en fase líquida intente entrar a la torre por la parte inferior. Los tanques de recuperación (TK-203) de solvente y el humidificador (TK-202) tienen chaqueta de calentamiento, y utilizan el servicio de vapor para elevar la temperatura en el interior de cada uno de los tanques. El tablero de control tiene cada uno de los indicadores que están conectados a los diferentes higrómetros, en estos se lee la señal de humedad y temperatura registrados por los sensores, tiene un indicador que muestra el valor registrado por cada una de las termocuplas con opción de navegación entre todos los datos de temperatura registrados en tiempo real, tenemos

botones para controlar, e indicadores led, para visualizar el estado de activación de cada una de las bombas (PV-201, P-201, P-202) [1].

2.1.1.c Caracterización.

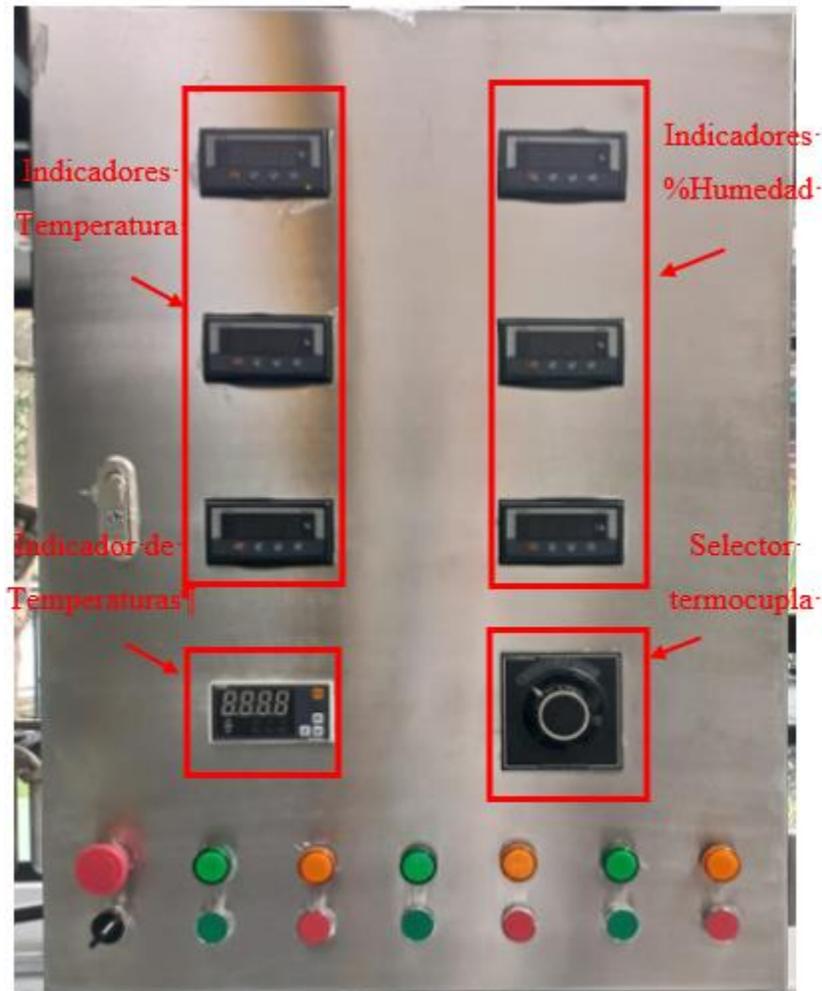
- **Tablero de control:**

El tablero de control se muestra en la Figura 9. Tiene medidas de 59 cm por 26cm por 84cm. Contiene 7 indicadores, 6 conectados a los higrómetros (TI-201, TI-202, TI-203, CI-201, CI-202, CI-203), los TI corresponden a las señales de temperatura captadas por los higrómetros, los CI corresponden a los indicadores de porcentaje de humedad relativa. El indicador llamado selector, corresponde a las termocuplas. Todas las termocuplas están conectadas en serie al mismo indicador, es decir que en el mismo indicador vamos a ver la señal que envía cada una de las termocuplas, para navegar y seleccionar el valor de una termocupla específica, se tiene el dial, que se encargara de cambiar entre las señales de las termocuplas conectadas a el indicador.

Tenemos un botón de paro de emergencia, 6 botones con indicador (LED) que controlan e indican el estado de activación de las bombas (PV-201, P-201, P-202) [2].

**Figura 9**

*Tablero de control*



*Nota.* La Figura 9 representa el tablero de control de la planta de absorción ubicada en CEPURE del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) en la Universidad de América.

- **Elementos de control final:**

Para hacer control sobre el flujo, se tienen válvulas de bola y de globo. La mayoría son de bola, que mediante su mecanismo de esfera perforada permite la apertura o cierre con un  $\frac{1}{4}$  de vuelta sobre su actuador. Se ven las válvulas instaladas en el quipo en la Figura 10. Las de globo, se observan en la Figura 11, seleccionadas para calibración de instrumentos y regulación del paso de vapor, su mecanismo de tornillo, acoplado al embolo, permite regular la posición de la válvula en un porcentaje de apertura mucho más preciso [2].

## Figura 10

*Válvula de globo*



*Nota.* La Figura 10 representan las válvulas manuales incorporadas en la planta de absorción ubicada en CEPURE del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) en la Universidad de América.

## Figura 11

*Válvula de bola*



*Nota.* La Figura 11 representan las válvulas manuales incorporadas en la planta de absorción ubicada en CEPURE del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) en la Universidad de América.

- **Higrómetros:**

Los higrómetros se encargan de medir la cantidad de vapor de agua presente en el aire (humedad relativa), y de la temperatura en tres puntos de la planta; el primero en la línea que va desde el compresor hasta el tanque humidificador, el segundo en la tubería que conecta la salida del ciclón con la columna, entre las válvulas de bola HV-229 Y HV-230. Y el tercero y último se

encuentra localizado en parte superior de la torre de absorción. Los higrómetros instalados en la planta se muestran en la Figura 12 [1].

## Figura 12

*Transmisor de humedad y temperatura*



**Nota.** La Figura 12 representa el transmisor de humedad y temperatura incorporado en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

- **Sensores de temperatura:**

Las termocuplas tipo K permiten realizar la transmisión por medio de una señal eléctrica, de los datos análogos de temperatura a el tablero de control. Éstas se encuentran distribuidas por todo el equipo para poder hacer un perfil de temperaturas durante todo el ciclo, puntos críticos como el tanque recuperador de solvente gastado, la tubería de ingreso y salida de solvente a la torre, son algunos de los puntos en los que encontramos estos termopares. Están diseñadas con un rango de temperatura de 0°C a 480°C. La Figura 13 nuestras las termocuplas seleccionadas para operar en la planta [1].

### Figura 13

#### *Transmisor de temperatura tipo K*



*Nota.* La Figura 13 representa los transmisores de temperatura tipo K incorporados en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

- **Tanque humidificador:**

El tanque humidificador (TK-202) tiene como funcionalidad humidificar el aire mediante un sistema de atomización de agua para asegurar la saturación completa del gas, posee una chaqueta de calentamiento con conexión al servicio de vapor. Está construida con una sección de 3 in, y 600 mm Cuenta con una tapa tipo brida removible, con empaque y ajustada por tornillos perimetrales en acero inoxidable, tiene conexiones de entrada y salida de gas y agua en tubería de 1/4 in de acero inoxidable, así como válvulas de bola. Además, en la salida de gas de la columna se encuentra una trampa de condensados, para evitar la presencia de condensados dentro de la columna de absorción. Se muestra una fotografía de la trampa de condensado la cual se encuentra conectado a la salida tanque humidificador y entrada de la torre de absorción en la Figura 16 y su dibujo de detalle en la Figura17. En la Figura 14 se ve una fotografía del humidificador instalado en la planta y su plano en la Figura 15.

**Figura 14**

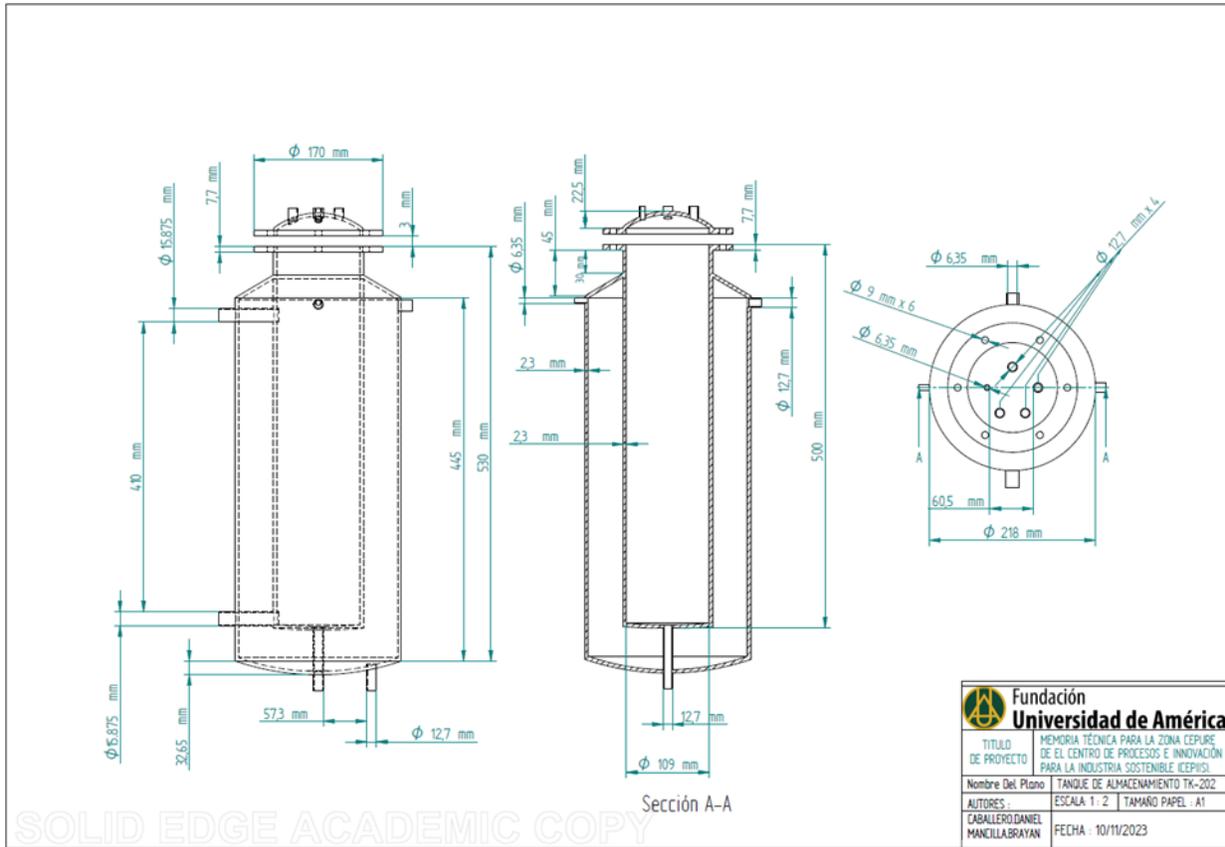
*Tanque humidificador (TK-202)*



*Nota.* La Figura 14 representa el tanque humidificador de aire en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

**Figura 15**

*Plano tanque humidificador (TK-202)*



**Nota.** La Figura 15 representa el plano del tanque humidificador de aire en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América. Ver el plano en el (Anexo 1).

## Figura 16

*Trampa de condensados*



*Nota.* La Figura 16 representa la trampa de condensados de la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.



**Figura 18**

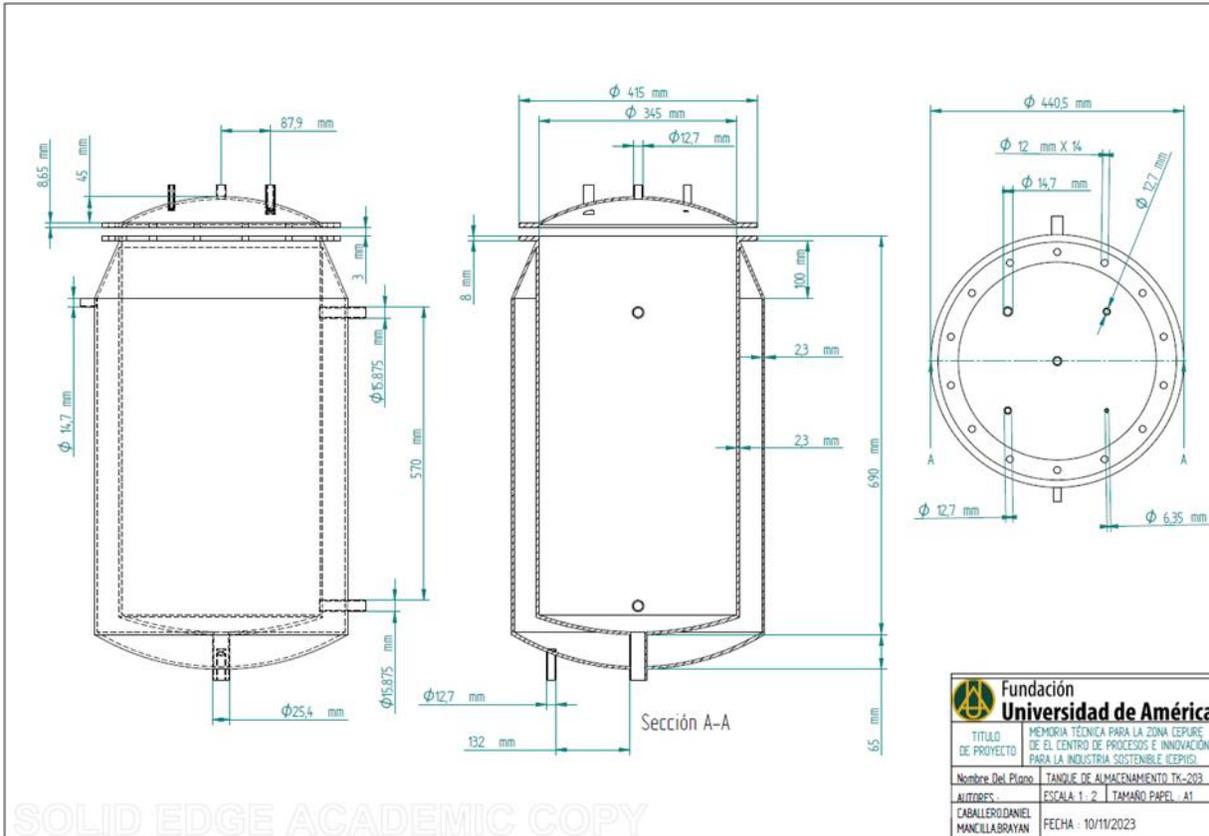
*Tanque recuperador de solvente (TK-203)*



*Nota.* La Figura 18 representa el tanque recuperador de solvente en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

**Figura 19**

*Plano del tanque recuperador de solvente (TK-203)*



*Nota.* La Figura 19 representa el plano del tanque recuperador de solvente en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América. Ver el plano en el (**Anexo 1**).

- **Almacenamiento de solvente fresco:**

El tanque de solvente fresco, (TK-201) tiene una capacidad de 50L para el almacenamiento del solvente. La tapa tiene una manija y se acopla solo por el efecto de la gravedad sobre su propio peso; Tiene conexión de ½ in a la bomba de diafragma, que lleva el solvente desde su almacenamiento, hasta la columna de absorción. También se incluyen mirillas de nivel con acople de ½ in en su costado. La Figura 20 es una imagen tomada en la planta del TK-201 y en la Figura 21 el plano de el mismo.

**Figura 20**

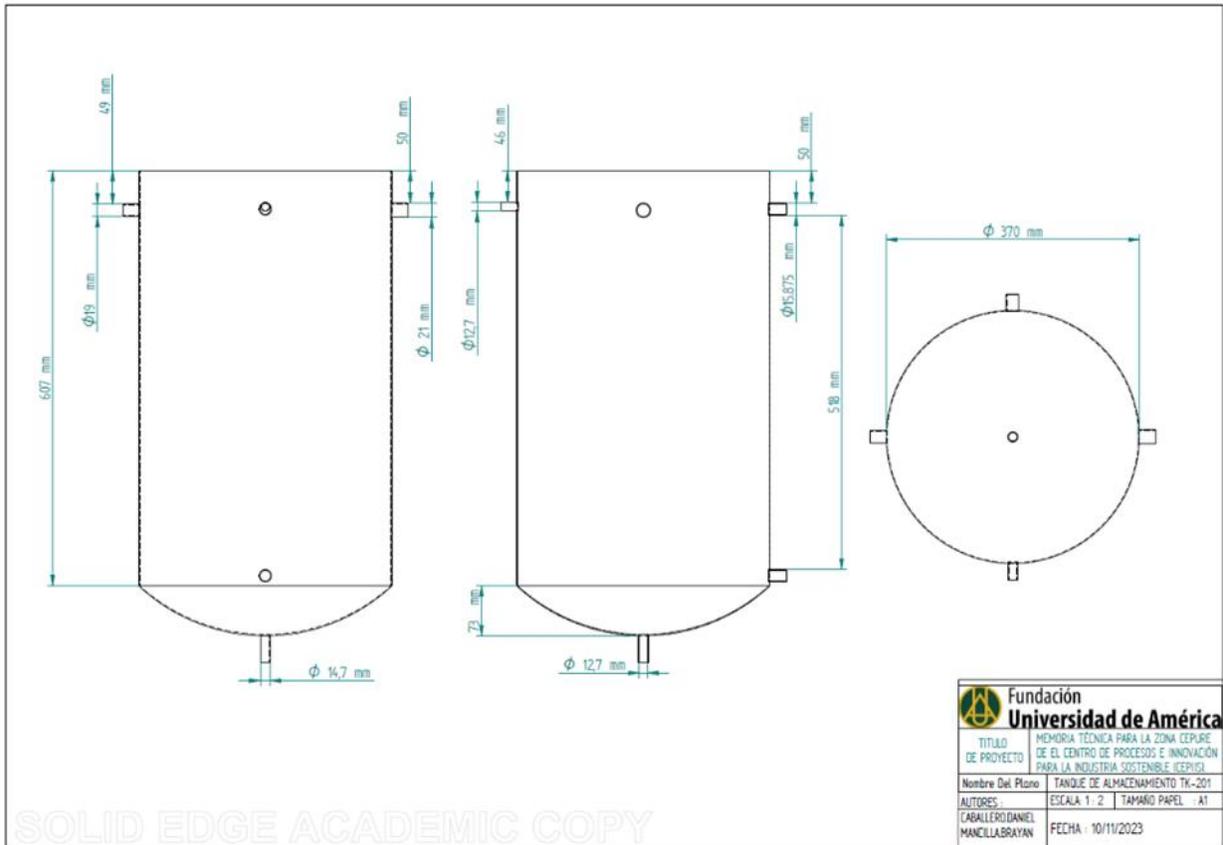
*Almacenamiento de solvente (TK-201)*



*Nota.* La Figura 20 representa el tanque de solvente fresco de la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

**Figura 21**

*Plano de tanque de almacenamiento de solvente (TK-201)*



**Nota.** La Figura 21 representa el plano del tanque de almacenamiento de solvente en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América. Ver el plano en el (Anexo 1).

- **Tuberías y ensamble:**

El equipo se encuentra conectado por las líneas de tubería que realizan el transporte de fluidos, tales como, productos, solvente fresco (Monoethanolamina), solvente gastado (Monoethanolamina con dióxido de carbono), soluto (Mezcla de aire contaminada con dióxido de carbono), vapores (Vapores de solvente, generados durante la regeneración del mismo en el tanque recuperador de solvente). Se cuenta con: tuberías de media pulgada, una pulgada y un cuarto de pulgada, así mismo en cada una de las líneas, tenemos válvulas de bola y de globo, de la medida correspondiente a la tubería sobre la cual se montan como se ve en la Figura 22, contamos con reducciones tipo bushing y reducciones cónicas.

## Figura 22

*Tuberías y válvulas en acero inoxidable 18/8 (AISI 304)*



*Nota.* La Figura 22 representa las tuberías y válvulas de la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

- **Torre de absorción:**

Cada una de las partes (secciones principales, redistribuidor y cabezales, superior e inferior) de la torre cuneta con una chaqueta llena de aire para reducir las pérdidas por transferencia de calor hacia el ambiente.

La columna de absorción es empacada; usa empaques al azar tipo Propak que se muestran en la Figura 23 con dimensión de  $\frac{1}{4}$  in para aumentar la superficie de contacto entre solvente y soluto; estas suelen estar construidas de un material inerte, que permite un lavado y desodorización más eficientes.

## Figura 23

*Empaques de la torre de absorción*



*Nota.* La Figura 23 representa empaques tipo Propak la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

La columna consta de dos **secciones principales** de 3 in de diámetro y cabezal superior e inferior. Todo el conjunto acoplado tiene una altura aproximada de 2 m aproximadamente; las secciones de la torre se acoplan por medio de bridas tipo Clamp para montaje y desmontaje rápido. Cada una de las secciones tiene 3 Válvulas para toma de muestras de la fase líquida, visor de vidrio y 2 termopares tipo k conectados al tablero de control se muestra el plano de las secciones en la Figura 25. El ensamble de la torre completa se presenta en la Figura 24.

## Figura 24

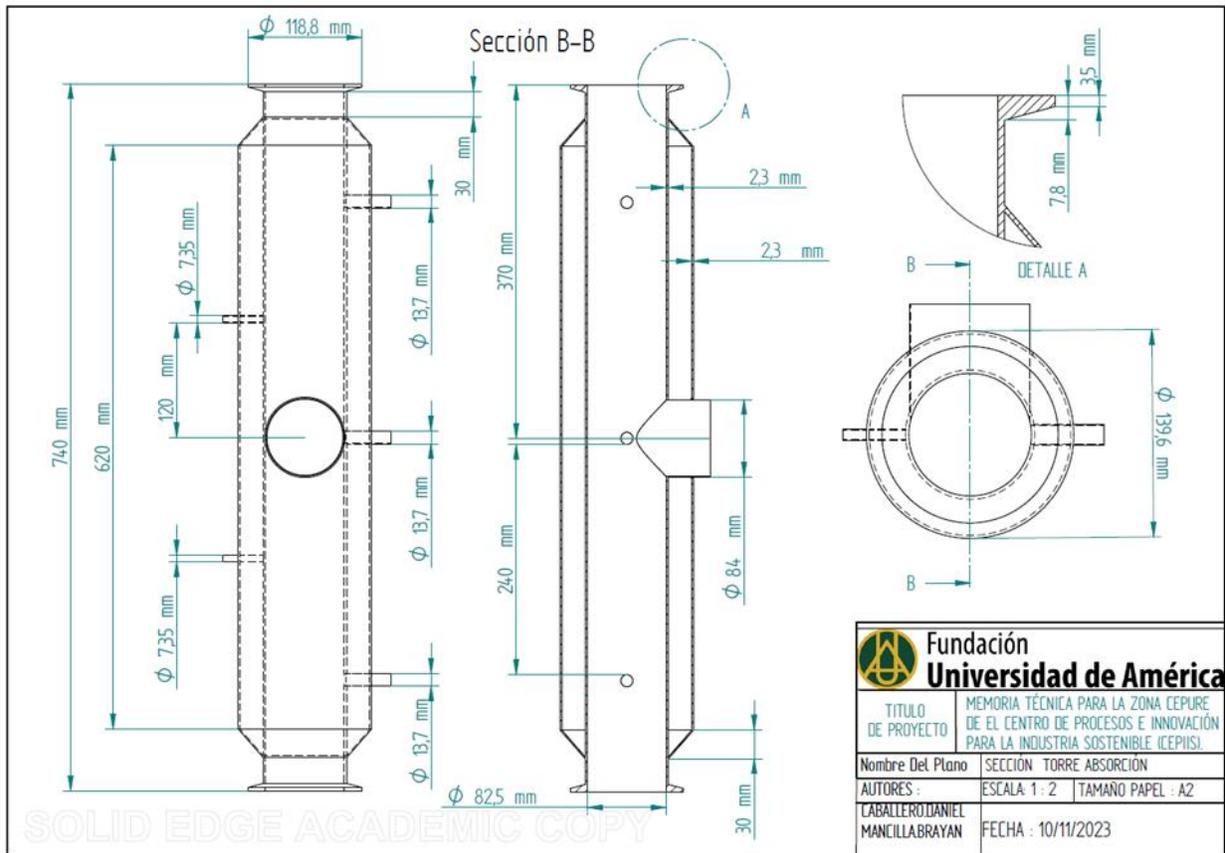
### *Ensamble torre de absorción*



**Nota.** La Figura 24 representa el ensamble de la sección superior, las dos secciones de la torre y el redistribuidor de la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS (CEPIIS) en la Universidad de América.

**Figura 25**

*Plano sección torre de absorción*



*Nota.* La Figura 25 representa el plano de sección torre de absorción la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América. Ver el plano en el (Anexo 1).

Entre las secciones, se tiene **el redistribuidor** de líquido para evitar canalizaciones en las paredes; el solvente ingresa en él, por medio de una válvula de bola de ¼ in, y es asperjado por huecos de 3mm de diámetro, hacia el interior de la segunda sección de la torre. El solvente que cae de la primera sección también se recoge y se asperja por medio de los huecos de 3mm. En la Figura 26 se observa una imagen del equipo y la Figura 27 presenta el plano del redistribuidor.

## Figura 26

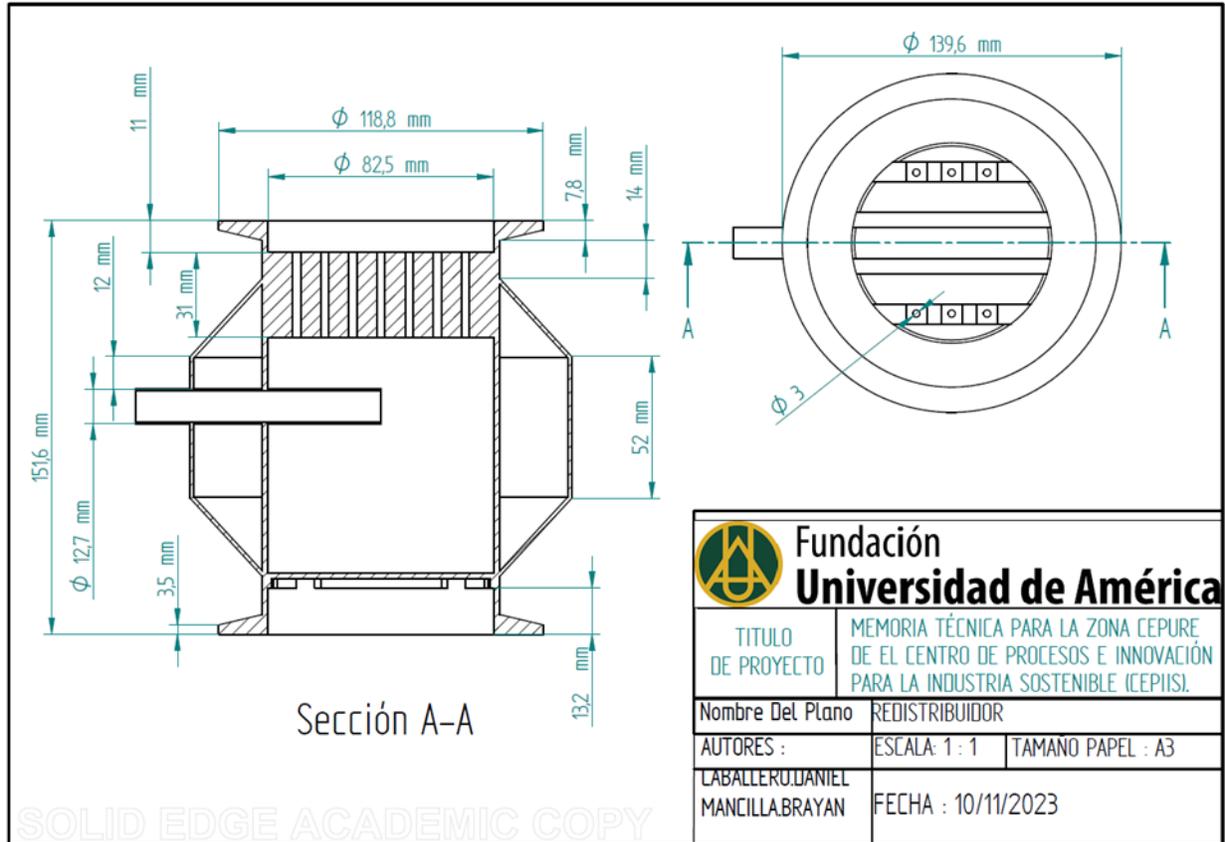
*Redistribuidor de solvente*



*Nota.* La Figura 26 representa al redistribuidor de solvente la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

**Figura 27**

*Plano redistribuidor de solvente*



*Nota.* La Figura 27 representa el plano redistribuidor de solvente en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América. Ver el plano en el (Anexo 1).

El **cabezal inferior** de la columna, como se ve en la Figura 28, tiene: la entrada de vapor/gas de 1in y una salida en la parte inferior de ½ in; en esta salida se tiene conexión hacia el tanque recuperador de solvente o tanque de solvente contaminado (TK-203), y se tiene una válvula manual para purga de la torre (HV-210). La Figura 29 muestra el dibujo de detalle del cabezal inferior.

## Figura 28

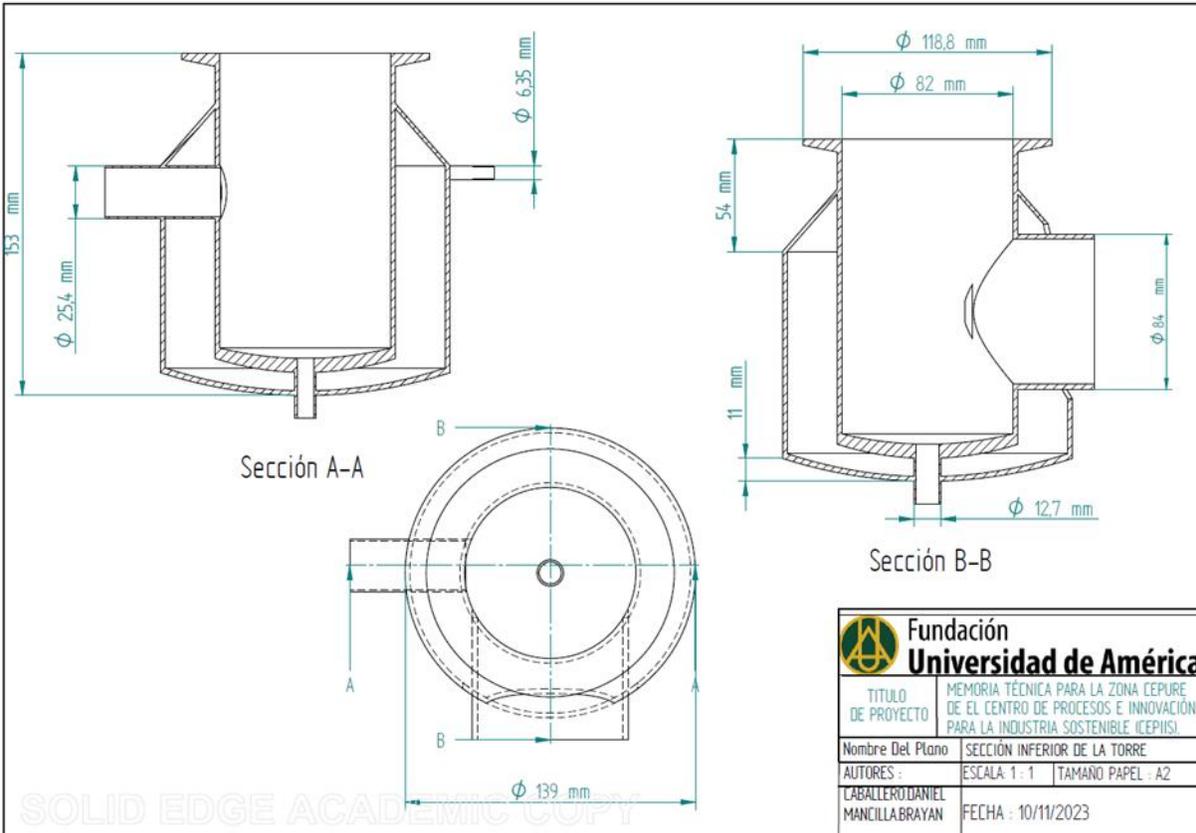
*Cabezal inferior de la torre de absorción*



*Nota.* La Figura 28 representa el cabezal inferior de la torre en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

**Figura 29**

*Plano del cabezal inferior de la torre de absorción*



**Nota.** La Figura 29 representa el plano del cabezal inferior de la torre de absorción en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América. Ver el plano en el (**Anexo 1**).

En el **cabezal superior**, tenemos, la salida de aire limpio de 1 in en la parte de arriba, y el ingreso de solvente por un costado, en tubería de ¼ in; el solvente ingresa hacia un recipiente interno para ser asperjado por agujeros de 3 mm que se pueden apreciar en la Figura 31 para evitar canalizaciones por las paredes. También tiene una malla en su diámetro interno para evitar que partículas con mucha humedad salgan por la tubería de 1 in dispuesta para aire limpio. La Figura 30 deja ver una imagen del cabezal superior de la torre y la Figura 32 deja apreciar el detalle de la tapa del cabezal superior.

**Figura 30**

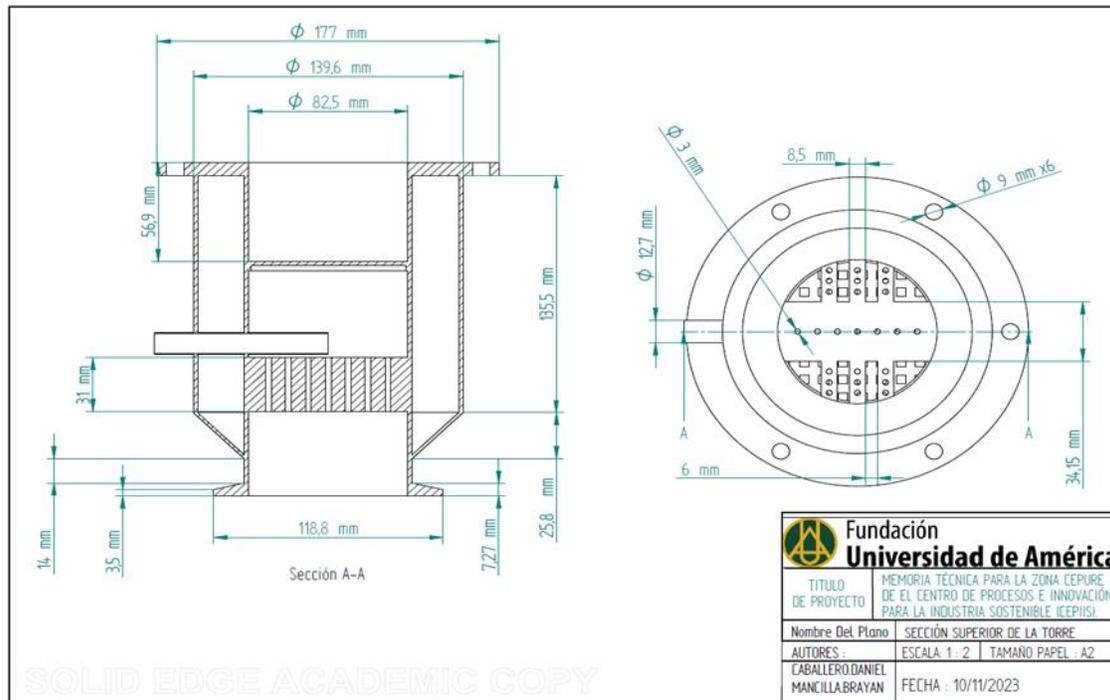
*Cabezal superior de la torre de absorción*



*Nota.* La Figura 30 representa el cabezal superior de la torre en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

**Figura 31**

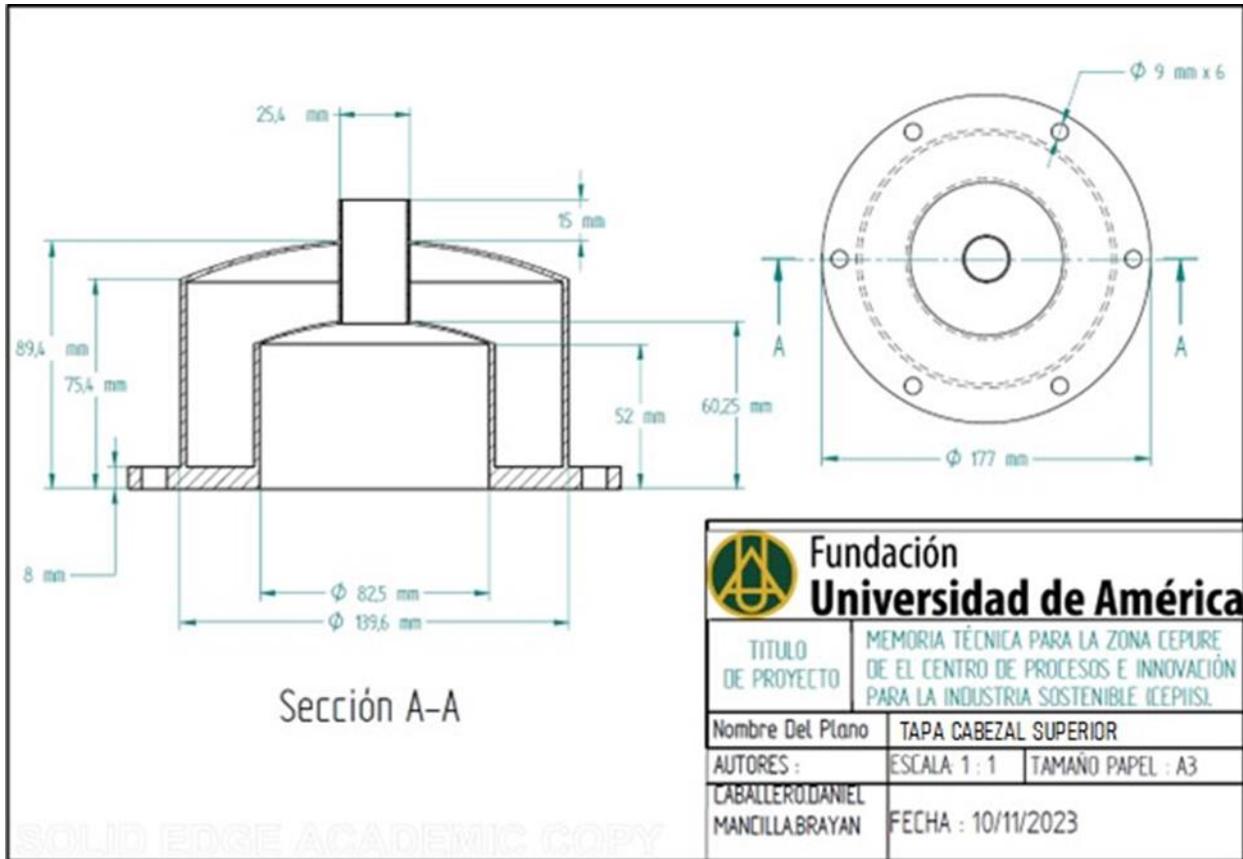
*Plano del cabezal superior de la torre de absorción*



**Nota.** La Figura 31 representa el plano del cabezal inferior de la torre de absorción en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América. Ver el plano en el (**Anexo 1**).

**Figura 32**

*Plano de la tapa de cabezal superior*



*Nota.* La Figura 32 representa el plano de la tapa de cabezal superior de la torre en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América. Ver el plano en el (**Anexo 1**).

- **Bomba centrífuga**

La bomba centrífuga, tiene su succión, en el tanque recuperador de solvente gastado, (TK-203) y la cabeza que aporta al sistema de tuberías, se descarga, en la línea que lleva el solvente recién regenerado, al tanque de almacenamiento de solvente fresco. Tiene una capacidad de caudal máximo de 90L/min y la cabeza que aporta es de hasta 100 m. La cabeza de succión requerida varía según la cabeza de descarga. Para una cabeza de descarga de 100m se requiere una cabeza de succión de mínimo 8m. La temperatura del líquido a impulsar debe estar entre -10°C y 60°C, la temperatura ambiente que soporta el equipo es de hasta 40°C. El cuerpo de la bomba está construido en hierro fundido, el elemento impulsor este hecho en latón y es del tipo aletas periféricas radiales, el eje motor es de Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104. Este equipo

requiere una conexión de alimentación a una fuente monofásica de 60Hz, y el consumo en amperios dependerá del voltaje que se le suministre. Siendo un consumo de 5.5Amp para una conexión monofásica de 110V. Catálogo general en el (**Anexo 10.**). La bomba seleccionada por el fabricante se presenta en la Figura 33.

### **Figura 33**

#### *Bomba centrífuga*



*Nota.* La Figura 33 representa la bomba centrífuga en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

- **Bomba de diafragma**

La bomba de diafragma o, bomba de membrana, se muestra en la Figura 34. tiene la succión acoplada al tanque de solvente fresco (TK-201), aporta una cabeza al sistema que va a la torre de absorción (T-201), mediante un mecanismo de accionamiento electromagnético (Solenoides) que está conectado a un diafragma, cuando el solenoide es activado por el circuito de control, este desplaza el diafragma que, mediante el uso de válvulas de retención mueve el fluido fuera de la descarga bajo presión. cuando se des-energiza el solenoide, devuelve el diafragma y atrae más líquido al cabezal de la bomba para repetir el ciclo. La bomba requiere una conexión a fuente eléctrica de 115V de corriente alterna y 60Hz (Enchufe normal tipo B monofásico). El diafragma está hecho en Hypalon con revestimiento de teflón, la capacidad se puede variar desde el 10% hasta el 100%, es decir, puede trabajar a una frecuencia mínima de 12 carreras/minuto y una

máxima de 125 carreras/minuto (Esto puede modificarse incluso si la bomba está en operación). La longitud de la carrera también puede ser modificada, desde 10% hasta 100% para efectos prácticos (Esto solo debe ser ajustado mientras la bomba está en operación). La bomba tiene una frecuencia nominal de 130 watts y, un consumo aproximado de 30 watts según el catálogo del fabricante en el **Anexo 11**. En ninguna circunstancia debe ser sumergida, también se recomienda su instalación en lugares donde la temperatura ambiente no supere los 40 °C.

### **Figura 34**

*Bomba de diafragma*



**Nota.** La Figura 34 representa la bomba de diafragma la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

- **Bomba de vacío**

La bomba de vacío de paletas giratorias se presenta en la Figura 35. Captura los gases de solvente que se puedan producir durante la regeneración en el tanque de solvente gastado (TK-203) y ser enviados a la trampa de vacío donde se llevan a una temperatura inferior a la del punto de condensación del MEA (Monoethanolamina) los vapores de solvente se condensan en la trampa, y el dióxido de carbono sale por el silenciador de salida de la bomba. La bomba seleccionada, tiene una capacidad máxima de flujo de 4.2 m<sup>3</sup>/h y una presión de vacío máxima de -850 mbar. Requiere conexión eléctrica de 115V corriente alterna - 60Hz, el motor eléctrico tiene una velocidad nominal de entre 2750 y 3300 rpm; tiene un consumo eléctrico de 2.7 a 2.9 Amp. Tiene capacidad para soportar el aumento de temperatura máximo de 115°C a una temperatura ambiente máxima de 40°C. Este equipo tiene una protección IP54, esto es una protección frente a polvo o humedad completas. Además, está protegido contra salpicaduras de agua. Mientras que el primer dígito 5 in indica el grado de resistencia al polvo, el segundo 4 in indica la resistencia a humedad o contacto con agua. Soporta temperaturas ambientes de hasta 50°C y genera un promedio de ruido de entre 55dB a 57 dB. Catálogo general en el **Anexo 12**.

**Figura 35**

*Bomba de vacío*



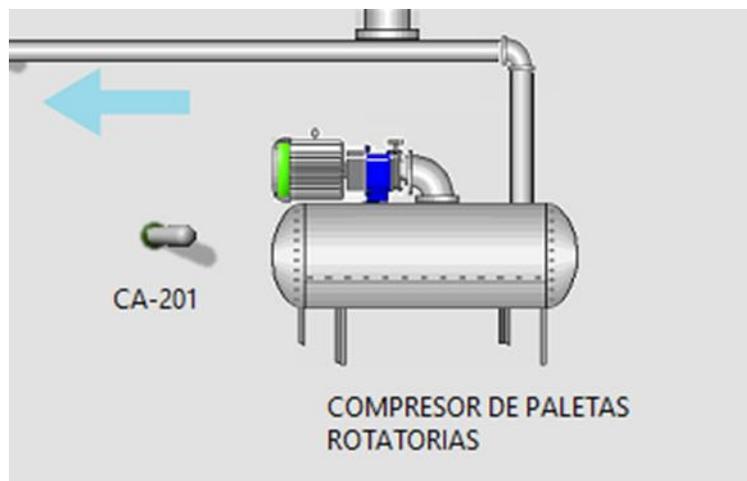
**Nota.** La Figura 35 representa la bomba de vacío en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

- **Compresor**

El compresor es una unidad que está compuesta por un tanque acumulador de aire y un motor eléctrico, este garantiza el flujo constante de aire dentro de las líneas de tubería que conectan con el tanque humidificador (TK-202) que posteriormente se une con la torre de absorción por la parte inferior izquierda. La Figura 36 muestra la representación del compresor en la interfaz gráfica de usuario. [1]

**Figura 36**

*Representación en LabVIEW del compresor*



*Nota.* La Figura 36 representa el compresor en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

## **2.2 Instrumentación y control industrial**

La instrumentación y control son un conjunto de tecnologías desarrolladas por la ingeniería que suministra herramientas y equipos que permiten supervisión, control y adquisición de datos de procesos industriales en tiempo real, esto con el fin de evaluar las variables y asegurar el correcto funcionamiento y cumplimiento de parámetros de operación segura.

Gracias a estos avances es posible automatizar los procesos, lo que posibilita la reducción de errores humanos y poner en riesgo a los operadores, asimismo permite identificar peligros en cuestión de presiones y temperaturas muy altas o flujo desmedido. [1]

### 3. MEMORIA TÉCNICA

Una memoria técnica se define como un documento que recopila y presenta de manera organizada información técnica relevante de un proyecto o proceso. Tiene como objetivo proporcionar detalles técnicos esenciales para comprender, ejecutar o evaluar una tarea específica. En la memoria técnica desarrollada para la planta de absorción se definieron 5 ítems que permiten dar un referente claro del equipo a los potenciales usuarios previo a su puesta en marcha [2]. A continuación, se revisa cada uno de ellos:

#### 3.1 Diagrama P&ID

Un diagrama de tuberías e instrumentación representa el desarrollo de sistemas de control a través de ilustraciones esquemáticas donde se relaciona la instrumentación, automatización, supervisión, mantenimiento y actualización de procesos. Una característica de este tipo de diagramas es el detalle de tuberías e instrumentos, permite diseñar procesos más eficientes que respondan a las normas establecidas por los entes reguladores.

Para la planta de absorción del CEPIIS se construyó el diagrama de instrumentación y tuberías representado en las Figura 37, 38, 39. Se detalló su montaje en físico para su posterior elaboración en el software AutoCAD, el plano cumple con las normas ISA 5.1 e ISA 5.5 en estas se especifica la representación de equipos, unidades de control, así como la información para nombrar cada elemento. [16,17]

El diagrama contiene varios instrumentos como válvulas de tipo: válvula de bola, válvula de globo, válvula de aguja. Al igual que tanques de almacenamiento, termocuplas tipo K, Higrómetros (*Transmisor de humedad y temperatura*), bomba centrífuga, bomba de vacío, bomba de diafragma, trampa de vacío, torre de absorción y puede ser consultado en el **Anexo 7**.

En color rojo se presentan los elementos aun no instalados en el sitio y en color negro lo que ya se encuentra montados e instalados en la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS (CEPIIS) en la Universidad de América al mes de noviembre del presente año 2023.

La nomenclatura de las tuberías obedecen a la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Nomenclatura de tubería P&ID*

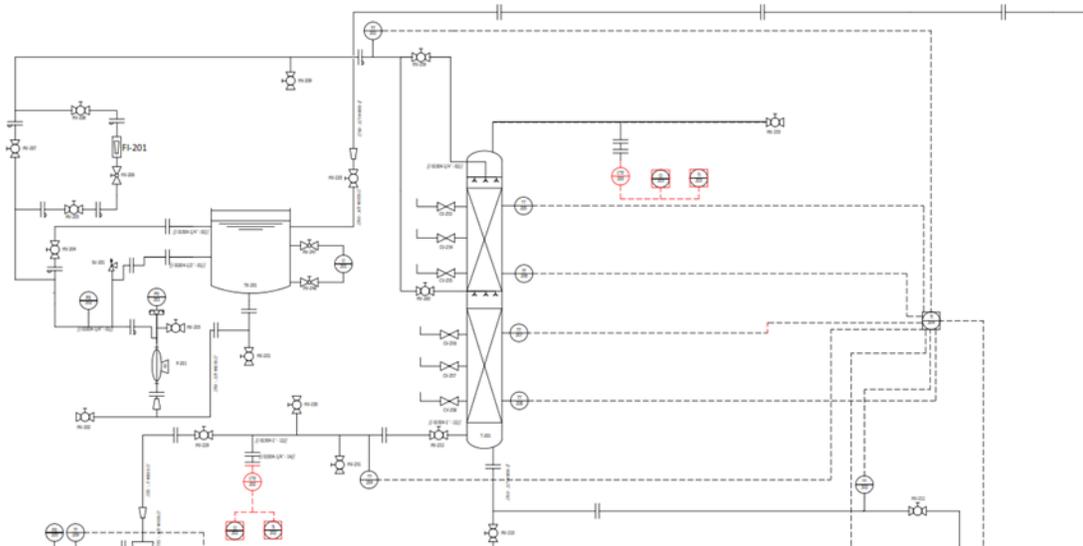
SS304	½ in	02
Característica de tubería tipo de material	Tamaño nominal de la tubería (in)	Numero de la línea

*Nota.* La Tabla 1 de nomenclatura de tubería P&ID de la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS en la Universidad de América.

Para la Tabla 1 se tiene la nomenclatura que permite identificar el tipo de material acero inoxidable 18/8 (AISI 304), el tamaño de tubería y el número de la línea a la que pertenece en la salida de cada equipo [2].

**Figura 37**

*P&ID Planta de Absorción sección 1/3*

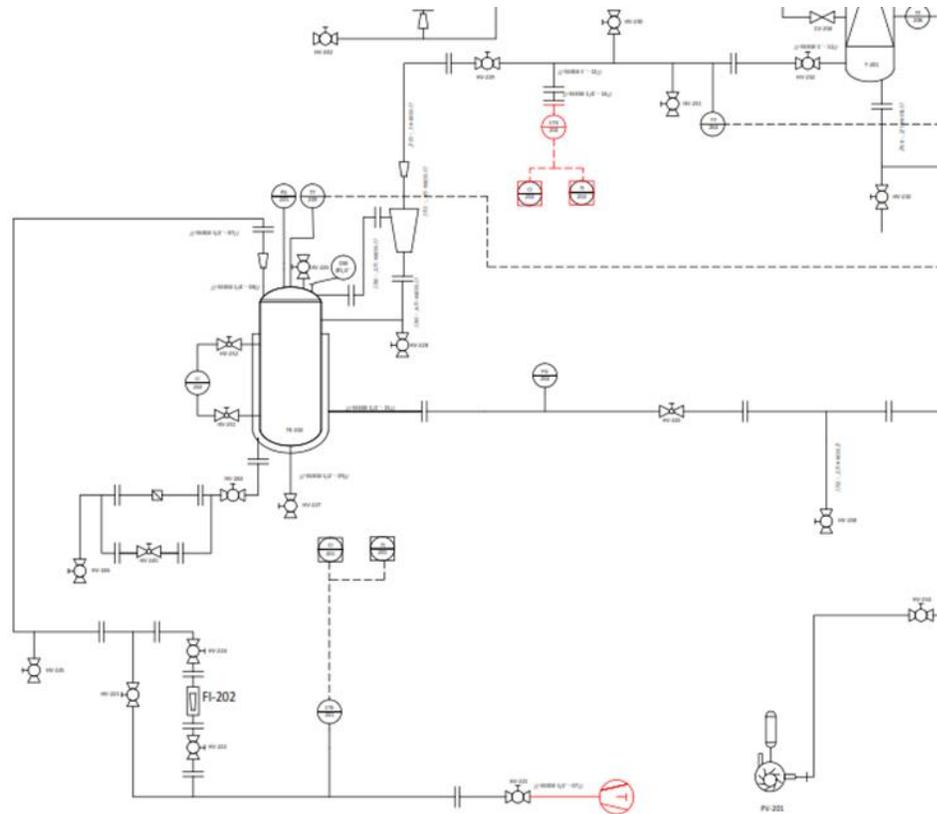


*Nota.* En la Figura 37 se visualiza la sección 1/3 de la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS (CEPIIS) en la Universidad de América. Puede consultarse en el **Anexo 7**.

La Figura 37 muestra la sección 1/3 del plano P&ID. Donde se ven el tanque de almacenamiento de solvente y la aspersion en la torre de la planta de absorción y algunos instrumentos como higrómetros, termocuplas tipo k.

### Figura 38

*P&ID Planta de Absorción sección 2/3*

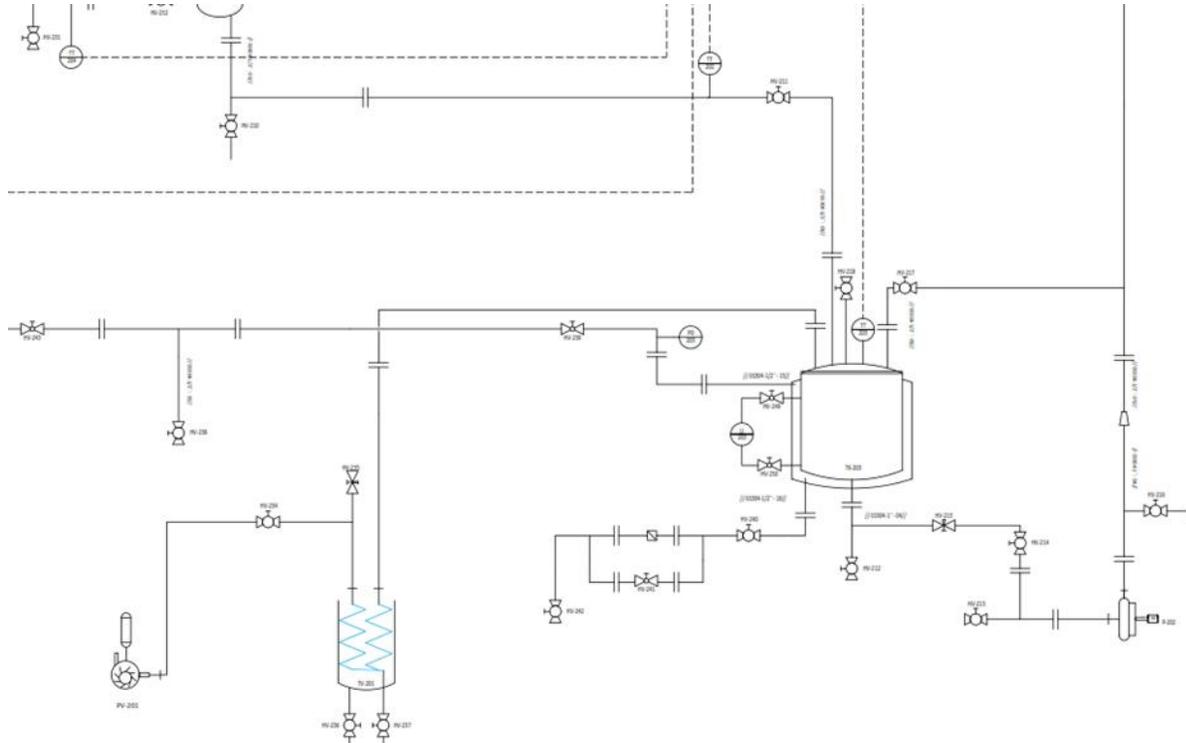


**Nota.** En la Figura 38 se visualiza la sección 2/3 de la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS (CEPIIS) en la Universidad de América. Puede consultarse en el **Anexo 7**.

En la Figura 38 se visualiza el tanque humidificador, trampa de condensados, e instrumentos de medición como rotámetro, higrómetros y de tubería del ingreso de gas a la torre.

**Figura 39**

*P&ID Planta de Absorción sección 3/3*



*Nota.* En la Figura 39 se visualiza la sección 3/3 de la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS (CEPIIS) en la Universidad de América. Puede consultarse en el **Anexo 7**.

La Figura 39 representa el ensamble del tanque recuperador de solvente, trampa de vacío, bomba centrífuga.

### **3.2 Tabla De Estado y Gráficas De Función Secuencial (GRAFCET)**

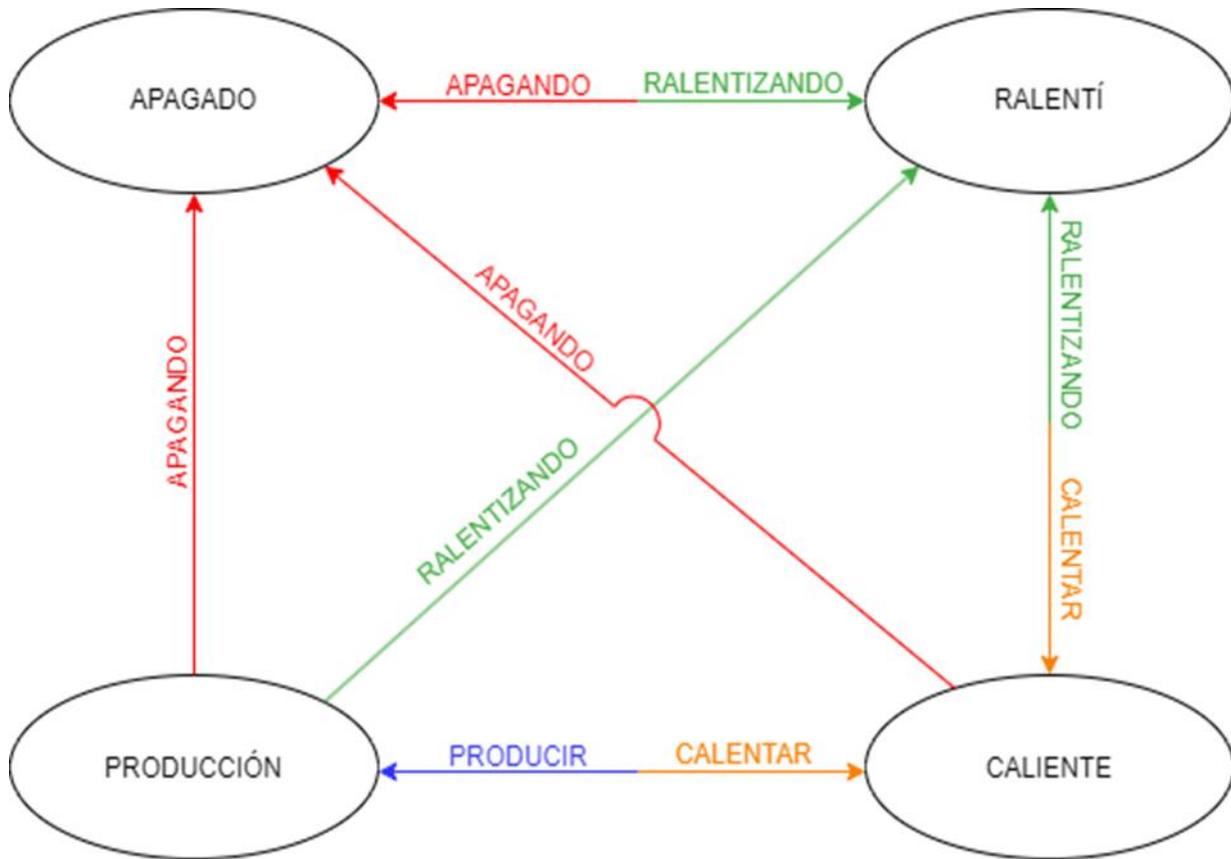
Las gráficas de función secuencial también llamadas GRAFCET es un lenguaje de programación gráfico definido por el estándar **IEC-61131-3**. A través de este se muestra en orden cronológico los componentes principales que son las acciones y transiciones con condiciones lógicas que el operador y/o controlador debe cumplir para el funcionamiento de las unidades de proceso.

En la Figura 40 de modelos de estado y procedimiento se representan los cuatro estados estacionarios (apagado, ralentí, caliente, producción) en los que el equipo se puede encontrar:

- Apagado: El equipo no tiene líneas de flujo ni de servicios activas, Tiene presión interna igual a la atmosférica; Temperatura igual al ambiente, equipos totalmente drenados y todos los controles de motores en apagado.
- Ralentí: No hay líneas de proceso activas, pero algunos servicios están en circulación (los requeridos para iniciar el proceso). Los servicios son los métodos para cambiar condiciones de presión y temperatura en ciertas zonas del proceso. Por ejemplo: si se requiere el TK-203 a una temperatura de 80°C para iniciar el proceso, en ralentí el aceite de calentamiento (Servicio) debe estar en circulación.
- Caliente: Se poner el proceso a producir, a menudo en un caudal bajo, mientras todo el equipo adquiere las condiciones de los servicios, es decir, temperatura y presión previamente provistos. Se mantiene este estado hasta que las condiciones de operación sean las idóneas.
- Producción: El proceso tiene las condiciones termodinámicas deseadas. Los productos fluyen a los tanques de almacenamiento.

**Figura 40**

*Modelo de estados y procedimientos*



**Nota.** La Figura 40 representa el esquema de modelos de estado y procedimientos de los estados estacionarios y de transición GRAFCET para la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS (CEPIIS) en la Universidad de América. Ver en el **Anexo 9**.

Para poder operarlos, se cuenta con la Tabla 2 donde se tienen registrados todos los elementos de control y su disposición (ej. abierto/cerrado, encendido/apagado), los estados de procedimiento están contenidos como acciones en las gráficas de función secuencial, (ralentizando, apagando, producir, calentar).

- Apagando: Permite llevar el equipo desde cualquier estado estacionario hasta el estado de apagado. Se observa en la Figura 43
- Ralentizando: Gráfico de función secuencial para llevar al equipo desde cualquier estado estacionario, hasta el estado Ralentí. Se presenta en la Figura 41

- Calentar: Permite llevar al equipo desde los estados estacionarios que permiten la transición a calentado, hasta el estado de Caliente. Se muestra en la Figura 42
- Producir: Permite llevar el equipo desde el estado caliente, hasta Producción. Se ve en la Figura 44.

**Tabla 2**

*Tabla de estado Absorción Dióxido de Carbono con MEA*

TABLA DE ESTADO ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO CON MONOETANOLAMINA (MEA)									
NOMBRE	CAMINO SERVICIOS	RALENTÍ	PURGA	TANQUE ABIERTO	CARGUE EL TANQUE	CALIENTE	APAGADO	CAMINO A PRODUCCIÓN	PRODUCCIÓN
HV-201	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-202	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-205	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-208	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-210	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-211	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-212	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-213	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-214	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-217	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-219	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-220	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-221	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-222	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-224	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-225	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-227	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-228	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-229	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-231	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO
HV-232	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-233	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-234	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-235	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-236	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-237	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-238	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-239	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-240	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-241	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-242	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-243	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-244	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-245	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
HV-246	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-259	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
HV-260	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO
LI-201	0	70%	0	0	70%	35%	0	70%	35%
LI-203	0	0	0	0	0	35%	0	0	35%
PV201	PARADO	CORRIENDO	PARADO	CORRIENDO	CORRIENDO	CORRIENDO	PARADO	CORRIENDO	CORRIENDO
TAPA TK-201	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO

**Nota.** La Tabla 2 Contiene la disposición de cada uno de los elementos para los estados estacionarios y de transición, para la planta de absorción ubicada en CEPURE del CEPIIS (CEPIIS) en la Universidad de América. Las tablas de estado las encuentra en el **Anexo 8**.

La Tabla 2 contiene la clave alfanumérica de todos los elementos/instrumentos de control que se deben utilizar en el proceso y define la disposición de los mismos en cada uno de los estados (ej. Camino servicios). En esta existen estados estacionarios y de procedimiento, los primeros se encuentran definidos en la Figura 40 dentro de los óvalos, estos son los estados donde el equipo se puede mantener por largos periodos de tiempo. Los estados de transición soportan a los

GRAFCET definidos en la Figura 40. Los gráficos, para llevar al equipo de un estado a otro, contiene, una serie de acciones y transiciones que se deben ejecutar en el orden cronológico indicado, las acciones encontradas en los GRAFCET son estados de procedimiento; son los mismos que se muestra en la tabla 2 con encabezado de color blanco. Por ejemplo: El usuario quiere ir de caliente hasta ralenti. Para ello debe realizar el GRAFCET de ralentizando; en el gráfico, se ven instrucciones puntuales, como cierre de válvulas o activación de bombas, y acciones como “camino servicios” el cual es un estado de procedimiento. En ese punto el usuario se dirige a la tabla 2 y consulta la disposición de los instrumentos para la acción (estado de procedimiento) que está ejecutando [3].

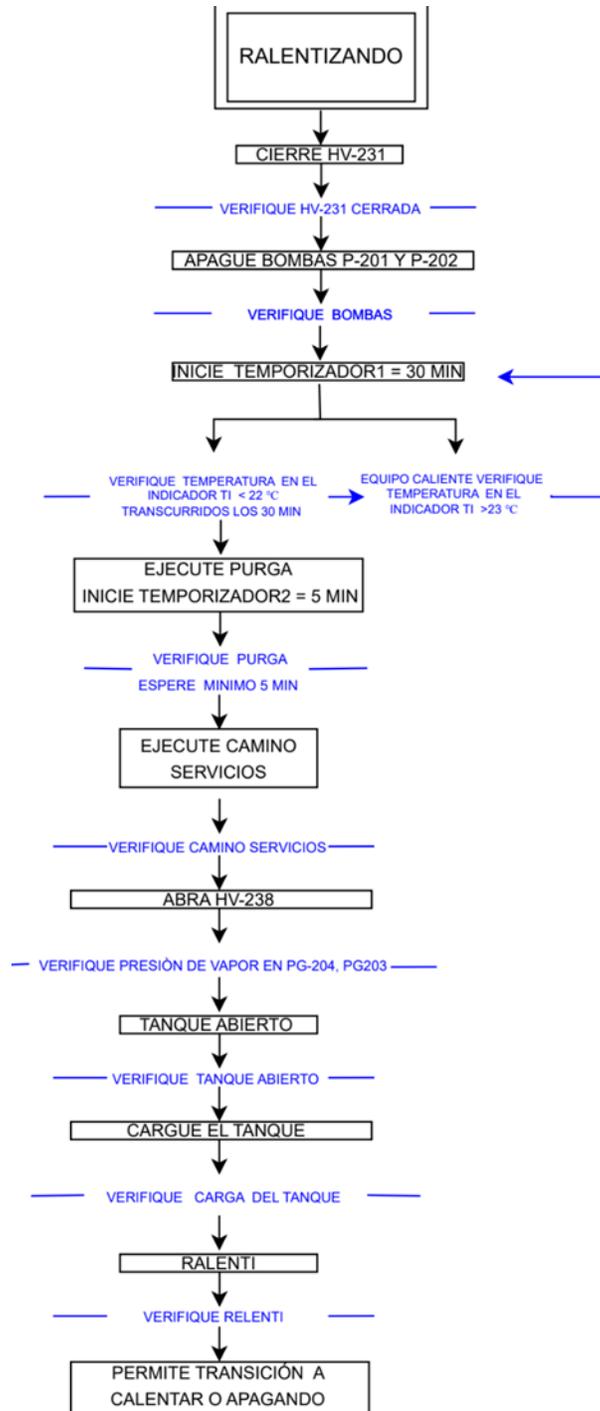
La elección de la absorción de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) con Monoetanolamina (MEA) en el CEPIIS (CEPIIS), se debe a su compromiso con el ambiente en abordar de manera proactiva la captura de las emisiones de ( $\text{CO}_2$ ) generadas por sus procesos industriales.

La absorción con MEA es una tecnología que permite de manera eficiente la reducción de la huella de carbono, ratificando así el compromiso del centro con la innovación y consolidándose como un referente en la implementación de soluciones en la industria sostenible.

Los gráficos de función secuencial muestran cada una de las acciones y transiciones (Verificaciones) que se deben ejecutar para llevar el equipo a el estado estacionario requerido. Dentro de los gráficos, encontramos estados que se soportan en las mismas tablas de estado (Tabla 2), se muestra como debe ser el arreglo de válvulas y la disposición de cada uno de los instrumentos para cada etapa. Estos gráficos corresponden a cada uno de los estados de transiciones que se muestra en el Modelo de estados y procedimientos (Figura 40). Para el desarrollo de estos gráficos se hace requisito revisar las tablas de estado y el P&ID del equipo, de otra manera será imposible identificar los instrumentos y su ubicación. Cada uno de los gráficos está diseñado para funcionar únicamente con el equipo de absorción del CEPIIS.

**Figura 41**

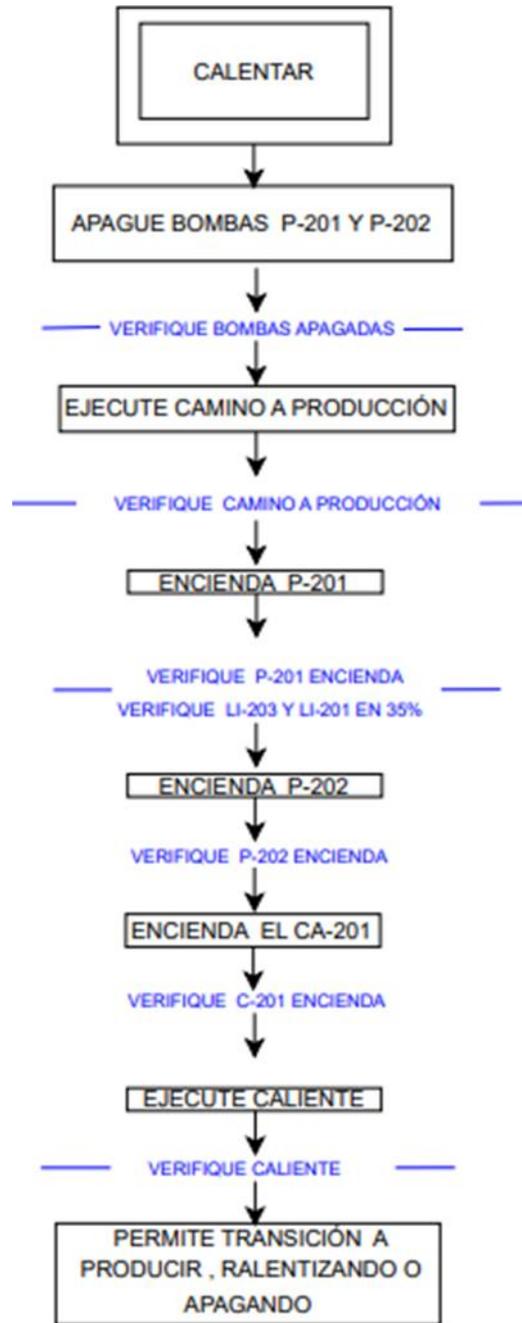
*Gráfico de función secuencial de ralentizando*



**Nota.** La Figura 41 Contiene la Grafica de función secuencial que permite llevar el equipo al estado Ralentí. Los gráficos de función secuencial GRAFCET se encuentran en el **Anexo 9**.

**Figura 42**

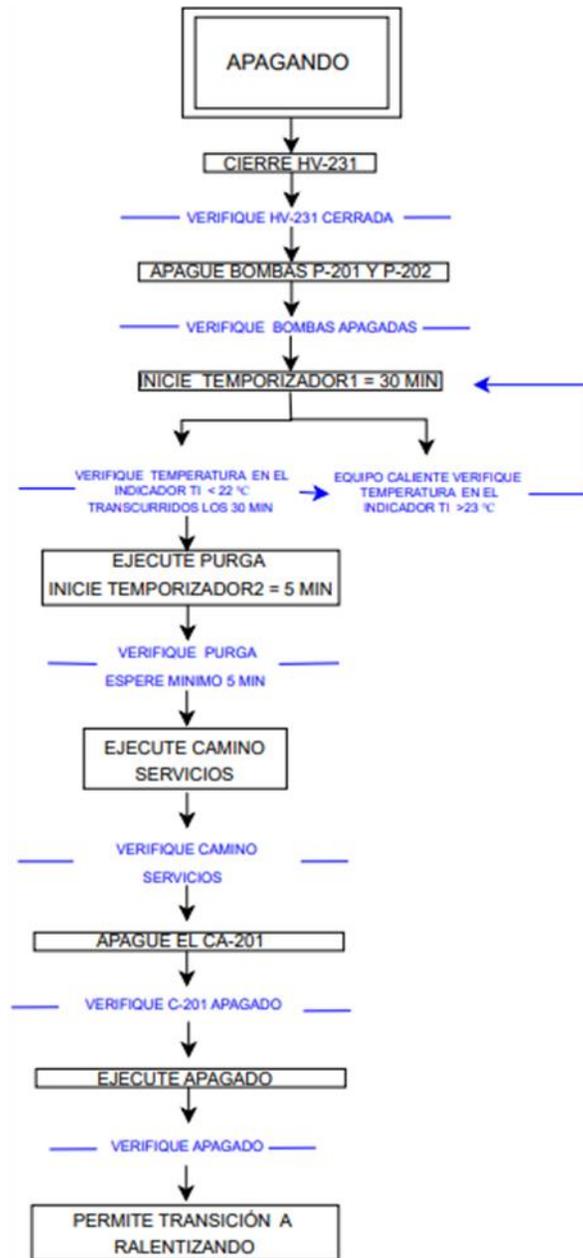
*Gráfica de función secuencial calentar*



**Nota.** La Figura 42 Es el gráfico de función secuencial para poder llevar el equipo hasta el estado Caliente. Los gráficos de función secuencial GRAFCET se encuentran en el **Anexo 9**.

**Figura 43**

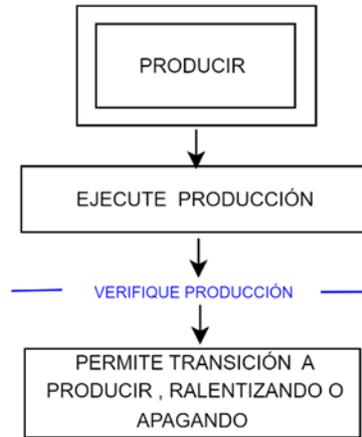
*Gráfica de función secuencial apagando*



**Nota.** La Figura 43 Contiene el orden de acciones y transiciones para llevar el equipo hasta el estado Apagado. Los gráficos de función secuencial GRAFCET se encuentran en el **Anexo 9**.

## Figura 44

*Gráfica de función secuencial producir*



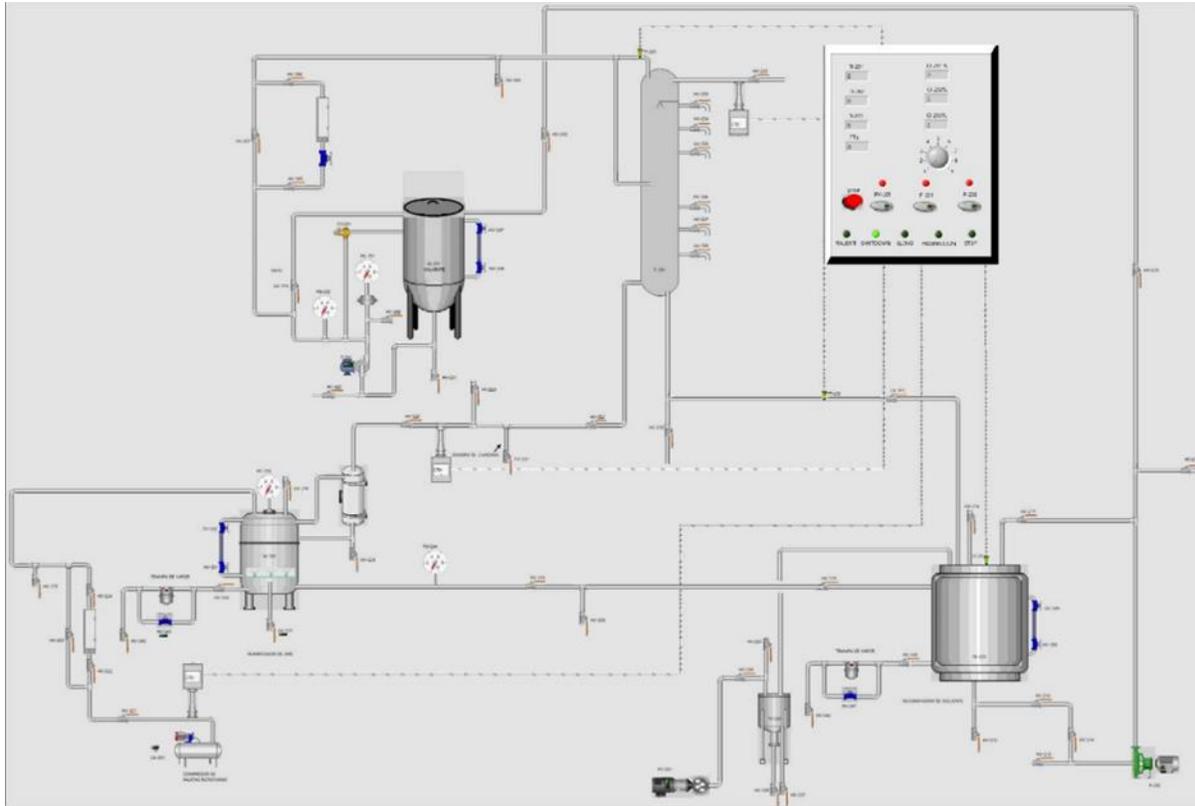
*Nota.* La Figura 44 Contiene el GRAFCET para llevar le equipo al estado de producir. Los gráficos de función secuencial GRAFCET se encuentran en el **Anexo 9**.

### 3.3 Interfaz Gráfica De Usuario

La interfaz gráfica de usuario representa al equipo real en planta. Se desarrollo en LabVIEW un programa de automatización, que tiene compatibilidad con gran variedad de hardware en el mercado (Sensores, Controles lógicos programables, etc..) y permite la interacción del usuario. En la interfaz se implementaron todos los gráficos de función secuencial vistos anteriormente, de manera que, el usuario pueda realizar cada una de las acciones y verificaciones necesarias para llevar a cabo el proceso de absorción de dióxido de carbono usando Monoethanolamina como solvente. Se deberá realizar etapa por etapa todas las acciones, se debe hacer arreglo de válvulas y control sobre bombas y el compresor, con todo esto el usuario va a tener una previa visualización de cómo se va a ejecutar el proceso con el equipo real de la planta. Con esto se reduce el riesgo para el equipo y para el estudiante.

**Figura 45**

*LabVIEW Planta de Absorción*



*Nota.* La figura 45 Es una captura de la interfaz gráfica de usuario. Representación del equipo real en planta. La interfaz ejecutable la encuentra en el **Anexo 5**.

Con el fin de ilustrar al usuario se elaboró una tabla donde se compara cada elemento del equipo en planta con el equipo representado en el software LabVIEW. En el **Anexo 5**, se encuentra este comparativo y el archivo disponible para descargar, ejecutar e iniciar el entrenamiento de los usuarios, técnicos y demás personal.

El tiempo de operación estimado para cada uno de los procedimientos planteados en las gráficas de función secuencial, se tomó en cuatro corridas donde el usuario ejecutaba cada uno de los GRAFCET junto con las tablas de estado, a continuación, se encuentra la tabla 3 donde se presentan datos obtenidos:

**Tabla 3***Tiempos de corrida para la GUI en LabVIEW*

Procedimiento	Tiempo Usuario 1 (min)	Tiempo Usuario 2 (min)	Tiempo Usuario 3 (min)	Tiempo Usuario 4 (min)
Ralentizando	6	9	4	12
Calentar	11	12	8	15
Producir	3	5	3	6
Apagando	8	10	9	16
Tiempo total (min)	28	36	24	49
Tiempo promedio (min)	34,25			

*Nota.* En la tabla 3 se registra el tiempo de operación por cada uno de los procesos en minutos para cuatro usuarios en su primera vez ejecutando la interfaz gráfica.

El tiempo promedio de operación de la interfaz gráfica desarrollada es de 34,25 min, esto indica la duración estimada en que los usuarios realizaran su capacitación, también se identifica que no es complejo su uso y no es necesario simplificar los procesos, los elementos que la componen son intuitivos, no se evidencia una variación significativa en los datos lo que implica que las herramientas proporcionadas (tablas de estado, manual de operación de la interfaz y GRAFCET) son suficientes para operar la GUI.

No contamos con el consentimiento de los usuarios para hacer pública su información personal es por eso que no mencionan nombres ni números de identificación.

## 4. PARÁMETROS DE OPERACIÓN

### 4.1 Parámetros De Operación Segura

Para asegurar una operación segura, es fundamental comprender diversas medidas destinadas a garantizar la seguridad y salud en la planta. Este aspecto adquiere una importancia primordial para los operadores y usuarios de las unidades en el CEPIIS. Posteriormente, se deben contemplar otros factores críticos, como las condiciones termodinámicas de los procesos y capacidades de los equipos de la planta de absorción.

Para los operadores, visitantes y otros usuarios de la planta, es necesario garantizar la seguridad industrial, por ello se deben contar con programas que permitan el conocimiento, capacitación y concientización en el uso de elementos de protección personal (EPP'S), dando cumplimiento a las normativas, correcto uso de químicos (conocimiento en el uso de hojas de seguridad), que acciones tomar en casos de emergencia, etc.

Con el fin de garantizar que todos los operarios tengan sus elementos de protección personal completos y en buen estado, antes de ingresar a la planta deben llenar una tabla que se encuentra en el **Anexo 3**.

Existen ocho tipos de riesgos que se deben considerar dentro del centro de procesos (CEPIIS)

**Riesgo Físico:** es usado para describir distintas formas de energía que tienen la capacidad de causar daños en la salud durante la operación, entre estos riesgos se incluye el ruido, la vibración, temperaturas extremas en el sitio, radiación (ionizante, no ionizante, electromagnética y ópticas) [4].

**Riesgo Químico:** se refiere al riesgo producido por una exposición no controlada de agentes químicos, es decir, cualquier sustancia que pueda generar afectaciones directas o indirectas, estas pueden perjudicar vías respiratorias, ingestión o dérmica [5].

**Riesgo Biológico:** se entiende como la posibilidad de que un trabajador pueda sufrir infecciones, intoxicaciones o procesos alérgicos de origen no químico, como consecuencia de la exposición a microorganismos (agentes biológicos) [6].

**Riesgo Mecánico:** se refiere a la posibilidad de lesiones o daños por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, sólidos o

fluidos, por maquinas se entiende todos los conjuntos de elementos o instalaciones que transforman energía con una función productiva principal o auxiliar [7].

**Riesgo Locativo:** se entiende que son todas las actividades que, por su naturaleza y sus condiciones según la zona geográfica, las instalaciones o áreas de trabajo, no adecuadas para realizar las labores diarias por lo que pueden ocasionar accidentes de trabajo. También hace referencia a las diferentes condiciones de orden como la señalización de vías de evacuación y ubicación de extintores, dotación, estado de vías de tránsito, techos, puertas, paredes [8].

**Riesgo Biomecánico:** Se refiere a todos aquellos elementos externos que actúan sobre una persona que realiza una actividad específica. El objeto de estudio de la biomecánica tiene que ver con cómo es afectado el cuerpo humano de un trabajador a nivel musculoesquelético por las fuerzas, posturas y movimientos intrínsecos de las actividades laborales que realiza [9] .

**Riesgo Eléctrico:** Es aquel que, por instalaciones eléctricas, partes de estas, y cualquier dispositivo eléctrico bajo tensión, se pueden generar accidentes o lesiones si el cuerpo humano entra en contacto con estos elementos los daños pueden ocasionar quemaduras o en casos mucho más graves la muerte por electrocución [10].

**Riesgo Ambiental:** Se refiere a todo riesgo derivado de la naturaleza, como terremotos, erupciones, tormentas, inundaciones, entre otros fenómenos naturales [11] .

**Riesgo Ergonómico:** Se deriva de posiciones y posturas que a los movimientos repetitivos tienen una repercusión en la salud [12].

#### 4.1.1 Planta De Absorción

**Tabla 4**

*Riesgos evidenciados y expuestos por el proveedor de la unidad*

	
<p>Riesgo eléctrico: Se puede generar por falta de mantenimiento, cargas muy altas de amperaje en el suministro de carga.</p>	<p>Riesgo ambiental (incendio, explosión) La operación de este equipo puede implicar la utilización de líquidos y vapores altamente inflamables.</p>
	
<p>Riesgo físico-locativo (superficies calientes, caída de objetos) En funcionamiento el equipo puede alcanzar temperaturas que causan quemaduras. La manipulación del equipo requiere del uso de herramientas que pueden causar daño si se precipitan al suelo.</p>	<p>Riesgo mecánico (atrapamiento y golpes) Se puede llegar a sufrir accidentes o lesiones causadas por el contacto con maquinaria, herramientas, equipos o componentes mecánicos durante actividades laborales.</p>



**asfixiantes**



**corrosivos**

Riesgo químico (exposición a gases, líquidos y vapores)

La exposición a gases, líquidos y vapores puede tener implicaciones significativas para la salud y la seguridad de los trabajadores.

*Nota.* En la tabla 4 se tienen los riesgos expuestos por el proveedor al momento de operar la planta de absorción. [2]

## Tabla 5

### *Requerimientos de la planta para operar*

REQUERIMIENTO	MAGNITUD	UNIDAD
Capacidad de los tanques	50	L
Flujo de agua de proceso de servicio	30	L/min
Flujo de aire comprimido	20	L/min
Presión mínima de proceso	2	bar
Consumo de energía	110	V
Flujo de vapor	14	Kg/h
Presión de vapor	50	psi

*Nota.* En la tabla 5 se registran los requerimientos para operar la planta de absorción. [13]

Con el fin de tener una operación correcta y segura de la planta de absorción, se debe cumplir con los requerimientos de instalación y operación exigidos por el proveedor.

- **Requerimientos De Instalación**

Se requiere un área libre de 5 m<sup>2</sup> y una altura de 3 m para su operación en condiciones normales, se debe garantizar un suministro eléctrico se requiere conexión tipo clavija un voltaje de 110 V, frecuencia de 60 Hz, amperaje de 60 A, una potencia mínima de 10 kW, con conexión a tierra,

así mismo el humidificador opera con agua de proceso a temperatura ambiente. El flujo mínimo requerido es de 30 L/min. Preferiblemente libre de dureza para prevenir incrustaciones, taponamiento y corrosión [14].

La ubicación del equipo dentro de un recinto en este caso (edificio) deberá contar con un lugar lo suficientemente ventilado donde se garantice la evacuación de vapores producidos y que el aire caliente que circula sea expulsado al ambiente no sean afectados los operarios.

Para la operación de la planta de absorción requiere el suministro de aire comprimido proveniente de un compresor con una presión mínima de 2 bar, y un flujo mínimo de 20 L/min.

Se requiere de un sistema de desagüe para la canalización y recolección de agua de purga en el humidificador y otros módulos, esta deberá ser en un material de Tubería en gres o PVC de agua caliente 1 in mínimo o de ser posible un cárcamo

Al igual se deberá contar con herramientas tales como 2 Llaves de tubos para tubería, Juego de llaves de tuercas, Balde para recolección de purgas, juego de llaves Allen.

- **Requerimientos De Operación**

En términos de requerimientos de operación, se deben tener a la mano una serie de herramientas tales como una llave expansiva, un juego de llaves de tuercas, balde recolector de purgas. Para una correcta operación y análisis de resultados, se deben tener envases de material inerte (vidrio ámbar, HDPE, PP) para la toma de muestras y recolección del producto al finalizar el proceso, además es necesario generar un registro periódico de la información obtenida en la operación.

En el **Anexo 3**. se mencionó el uso de elementos de protección personal (EPP), para este equipo se requieren gafas de seguridad, overol, guantes de carnaza, tener en la zona un extintor multipropósito, equipo para derrames, botiquín de primeros auxilios, lavajojos, señalización. Se requiere que la operación de la unidad este realizada con mínimo dos personas y la persona a cargo del CEPIIS esté informada del inicio y parada del equipo, no dejar sin supervisión por largos periodos de tiempo el equipo y las personas que operan el equipo no pueden exceder las 8 horas de trabajo, evitar la descarga del equipo si la temperatura es superior a los 25°C, dejar cada pieza del equipo limpia para evitar su corrosión y la contaminación cruzada [13].

Antes de hacer uso de la planta se debe verificar en la lista de chequeo de operación si se cumple o no con los parámetros para dar marcha a la operación.

De este modo se garantiza la correcta operación y se reducen riesgos que puedan ser causados por fallos, rupturas o fugas en el equipo. Ver en el **Anexo 2**.

**Tabla 6**

*Variables de operación planta de absorción*

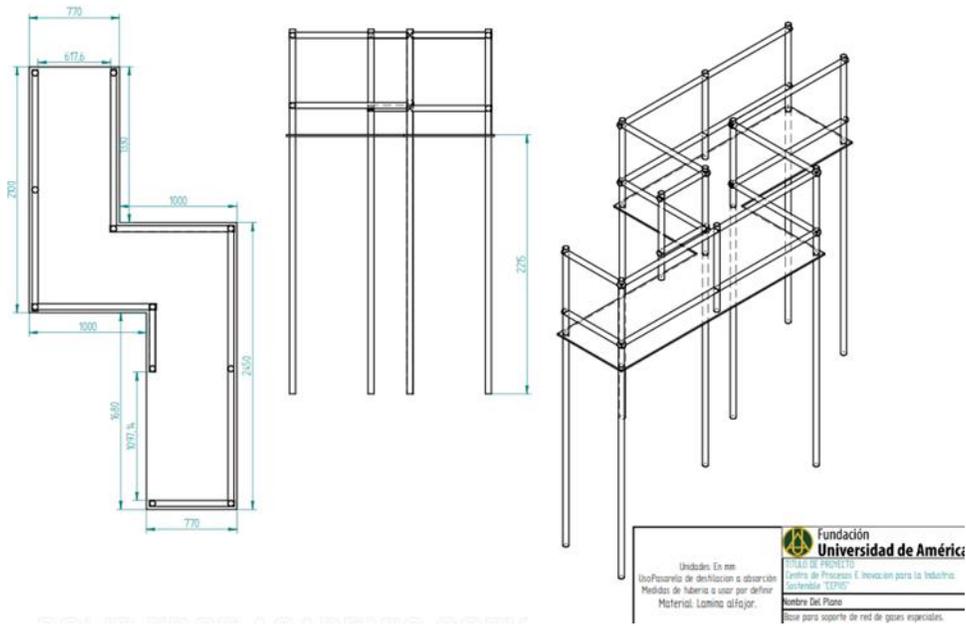
VARIABLE	MAGNITUD	UNIDAD
Temperatura máxima	300	°C
Presión mínima sistema de generación de aire	2	Bar
Presión máxima	6,2	Bar
Flujo mínimo del aire de proceso	20	L/min
Presión mínima del sistema de vacío	13	L/min
Volumen mínimo de TK-201 (solvente)	20	L

*Nota.* la tabla 6 contiene los datos obtenidos según los límites de operación del laboratorio de planta piloto de ingeniería química de la Universidad Nacional y la tesis desarrollada en el CEPIIS por Sáenz Vizcaya J.P. y Lagos Acosta C.S.

Según el diseño de plantas, en cualquier planta de procesos que tenga varios niveles, se deben tener como mínimo 2 accesos por cada plataforma, (Pisos de la torre) esto para asegurar una ruta libre de evacuación al operario bajo cualquier circunstancia y garantizar una evacuación eficaz en los tiempos estipulados por las normas. Para cumplir con este requerimiento se realizó el diseño de pasarelas para conectar equipos entre sí y equipos con la segunda planta del centro. Fueron diseñados y montados bajo los estándares de las normas NTP 884, cumpliendo con medidas adecuadas para el tránsito de personas, en este trabajo solo se adjunta el plano del modelo realizado para adaptar un segundo acceso a la planta de absorción.

## Figura 46

### Plano de pasarela de destilación a absorción



**Nota.** La Figura 46 Es un plano diseñado para garantizar suficientes rutas de evacuación de la planta de absorción y la planta de destilación. Se puede consultar en el **Anexo 1**.

## 5. CONCLUSIONES

Se elaboró un diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) que contiene la torre de absorción, tanque de recuperación de solvente, tanque de almacenamiento de solvente fresco, tanque humidificador, trampa de condensados, trampa de vacío, entre otros que componen el módulo de absorción del centro de purificación y refinación (CEPURE) del CEPIIS (CEPIIS), este que cumple con las normas ISA 5.1 e ISA 5.5 para representar la simbología y ANSI/ASME Y14.1.

El diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) se presenta con líneas en dos tonos las negras corresponden a los elementos y equipos que se encuentran en el CEPIIS y las líneas rojas son equipos de los que no se tiene información y se espera su instalación.

Para el proceso de absorción de dióxido de carbono con Monoethanolamina se realizaron cuatro gráficos de función secuencial (GRAFCET) para los procesos, que se apoyan en los estados transitorios Camino a servicios, Purga, Tanque abierto, Cargue tanque, Camino a producción para llevar al módulo a los estados estacionarios Ralentí, Caliente, Apagado y Producción, que se pueden consultar en la tabla de estado.

Se desarrollo una interfaz gráfica de usuario donde se integraron las tablas de estado, graficas de función secuencial y diagramas P&ID del módulo de absorción que realizan los procedimientos que se establecen en los gráficos que son los que se requieren para operar la planta y se podrán utilizar para el entrenamiento de personal que vaya a utilizar el equipo.

El tiempo estimado de operación de la interfaz gráfica de usuario es de 34,25min, este es un indicador clave, se puede concluir que la facilidad de uso de la GUI es óptima, las instrucciones son claras y los elementos son intuitivos.

Se elaboraron tres listas de chequeo para verificar que el equipo este operativo, cumplimiento de los elementos de protección personal completos y en buen estado, el estado de las válvulas buen estado visual y operativas. Estas pueden ser consultadas en los anexos del presente.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] U. d. A. CEPIIS, «Docentes a cargo del proyecto Centro de procesos e inovacion para la industria sostenible. La informacion contenida fue adquirida en reuniones con los docentes de mayor experiencia en plantas». Bogotá D.C Colombia 2023.
- [2] J. B. J. E. E. M. S. G. A.M.V. Gaudó, «Cómo redactar una memoria técnica,» Universidad Zaragoza, 18 Septiembre 2017. [En línea]. Available: [https://webdiis.unizar.es/~jresano/wp-content/uploads/Ayuda\\_elaboracion\\_memoria\\_tecnica.pdf](https://webdiis.unizar.es/~jresano/wp-content/uploads/Ayuda_elaboracion_memoria_tecnica.pdf). [Último acceso: 30 Agosto 2023].
- [3] D. Austin, chemical engineering drawing symbols, NEW YORK: British library cataloguing in publication data, 1979.
- [4] P. INSST., «Riesgos Físicos.,» [En línea]. Available: <https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-fisicos>. [Último acceso: 24 Noviembre 2023].
- [5] U. d. p. vasco, «Riesgo químico,» Area tecnica , [En línea]. Available: [https://www.ehu.eus/es/web/prebentzio-zerbitzua/higienea#:~:text=Riesgo%20qu%C3%ADmico%20es%20aquel%20susceptible,efectuando%20nosotros%20mismos%20las%20tareas\).](https://www.ehu.eus/es/web/prebentzio-zerbitzua/higienea#:~:text=Riesgo%20qu%C3%ADmico%20es%20aquel%20susceptible,efectuando%20nosotros%20mismos%20las%20tareas).) . [Último acceso: 24 noviembre 2023].
- [6] «Instituto nacional de seguridad y salud en el trabajo.,» Riesgo biológico, 2018. [En línea]. Available: <https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-biologicos>. [Último acceso: 25 Agosto 2023].
- [7] U. c. I. d. madrid, «Prevencion de riesgos laborables,» Riesgo mecánico , 2022. [En línea]. Available: <https://www.uc3m.es/prevencion/riesgos-mecanicos>. [Último acceso: 24 Noviembre 2023].

- [8] C. d. d. buenaventura, «Gestion integral de peligro locativo,» Riesgo locativo, [En línea]. Available: file:///C:/Users/Asus/Downloads/GESTIN%20INTEGRAL%20DEL%20PELIGRO%20LOCATIVO.pdf. [Último acceso: 24 Noviembre 2023].
- [9] Lifeder, «Riesgo biomecánico,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/riesgo-biomecanico/>.
- [10] enel, «Qué es el riesgo eléctrico y qué factores determinan su gravedad,» Riesgo eléctrico , 2022. [En línea]. Available: <https://www.enel.pe/es/ayuda/que-es-el-riesgo-electrico-y-que-determina-su-gravedad.html>.
- [11] S. B. school, «comercial escuela select,» Riesgo ambiental, [En línea]. Available: <https://escuelaselect.com/tipos-riesgos-laborales-clasificacion/>. [Último acceso: 2023].
- [12] U. n. d. l. plata, «Riesgo ergonómicos,» 14 noviembre 2017. [En línea]. Available: [https://unlp.edu.ar/gestion/obras/seguridad\\_higiene/riesgos-ergonomicos-8677-13677/#:~:text=Corresponden%20a%20aquellos%20riesgos%20que,producir%20da%20%B1os%20a%20su%20salud.](https://unlp.edu.ar/gestion/obras/seguridad_higiene/riesgos-ergonomicos-8677-13677/#:~:text=Corresponden%20a%20aquellos%20riesgos%20que,producir%20da%20%B1os%20a%20su%20salud.)
- [13] PROCESS SOLUTIONS AND EQUIPMENT, Manual de operación planta de absorción de gases, Bogotá, 2018.
- [14] D. . F. GUTIERREZ GOMEZ y S. D. VELÁSQUEZ CERQUERA, DESARROLLO DE PLAN OPERATIVO PARA LA VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL Y OPERATIVA DE EQUIPOS DEL CENTRO DE PURIFICACIÓN Y REFINACIÓN (CEPURE) CON ENFOQUE AL DISEÑO DE UN MANUAL DE VALIDACIÓN Y PUESTA EN MARCHA, Bogotá, 2023.
- [15] Quimica.es., «Enciclopedia de absorción química,» [En línea]. Available: [https://www.quimica.es/enciclopedia/Absorci%C3%B3n\\_%28qu%C3%ADmica%29.html](https://www.quimica.es/enciclopedia/Absorci%C3%B3n_%28qu%C3%ADmica%29.html).
- [16] A. n. s. ANSI/ISA-5.1, Instrumentation Symbols and identification, RESEARCH

TRIANGLE PARK, NORTH CAROLINA: Copyright 2009 by ISA, 2009.

- [17] F. ISA-S5.5-1985, Graphic symbols for process displays, Research triangle park, north calorina : Copyrinht 1985 by the instrument society of america, 1985.
- [18] R. T. /. J. A. /. S. D. /. W. B., Analysis, Synthesis and design of chemical processes, Boston : Fifth edition.
- [19] A. Creus, intrumentación industrial octava edición, Mexico. D.F : Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2010.
- [20] S. moran, An applied guide to process and plant design second edition, Amsterdam: ELSEVIER , 2019.
- [21] T. A. S. o. M. Engineers, ASME Y14.100 Engineering drawing practices, NEW YORK : Copyright © 2013 by THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS All rights reserved Printed in U.S.A., 2013.

## GLOSARIO

**CEPURE:** Centro de purificación y refinación

**CETA:** centro de transformación y adecuación

**CESI:** Centro de servicios industriales

**COCO:** centro de optimización y control.

**CUBO:** cuarto de bombas, residuos RESPEL, reactivos y tanques de agua.

**BIOCAL:** centro de calidad y de procesos biológicos.

**Cabeza:** Altura a la cual una bomba puede elevar un fluido en su descarga.

**Cabeza requerida:** Altura mínima de fluido (presión) que una bomba requiere para succionar y no entrar en cavitación

**GUI:** Interfaz gráfica de usuario

**GRAFCET:** grafica de función secuencial

**EPP:** Elementos de protección personal

**Enchufe tipo B:** Enchufes con conexión a tierra monofásicas de 120V-60Hz (Enchufe de tres patas)

**NTP 884:** Normativa para la evaluación de las condiciones de evacuación en centros de trabajo.

**Llave Allen:** Llave de sección hexagonal la cual se introduce en uno de los extremos del tornillo con una hendidura también hexagonal ya sea para aflojar o apretar.

**PTAI:** Planta de tratamiento de aguas industriales.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1.

### DIBUJOS DE DETALLE DE COMPONENTES DE LA PLANTA DE ABSORCIÓN.

A continuación, se encuentran los dibujos de detalle de los elementos que componen la planta de absorción ubicada en CEPURE. Los dibujos se encuentran disponibles en una carpeta en Google drive y se puede acceder a él por medio del vínculo adjunto o por el código QR.

#### Figura 47

*QR Dibujo de detalle planta de absorción*



[https://drive.google.com/drive/folders/1\\_ZB\\_OytfjwEojXVt6UOqjZAevN9Pfmom](https://drive.google.com/drive/folders/1_ZB_OytfjwEojXVt6UOqjZAevN9Pfmom)

*Nota.* La Figura 47 Representa el código QR donde están contenidos los dibujos de detalle de la planta de absorción.

**ANEXO 2.**

**LISTA DE CHEQUEO DE OPERACIÓN SEGURA**

**Tabla 7**

*Lista De Chequeo De Operación Segura*

 Universidad de <b>América</b> <small>1949-2017</small>	LISTA DE CHEQUEO DE OPERACIÓN SEGURA PARA LA PLANTA DE ABSORCIÓN DE LA ZONA CEPURE.		Versión 1
Proceso:		Pág. 1/2	
Realizado por:			
Cargo:		Fecha:	
Marque con una <b>X</b> cumple o no el estado			
<b>Descripción</b>	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>Observación</b>
Verificar el estado en que se encuentren las válvulas operativa o no operativa, la lista de válvulas se encuentra en el <b>Anexo 4.</b>			
Para la operación de la planta se debe contar mínimo con dos operarios.			
Verificar que la línea de servicio de vapor se encuentre sin fugas.			
Verificar que la línea de ingreso de aire comprimido este en condición operativa sin fugas.			
Rectificar que la línea de servicio de agua no tenga fugas.			
Comprobar que no hallan residuos inusuales en los equipos de la planta de absorción.			
La torre de absorción no presenta			

Corrosión, abolladuras y fugas.			
El tanque TK-202 humidificador no presenta corrosión ni abolladuras.			
La trampa de condensados no presenta corrosión, abolladuras ni fugas.			
El compresor no presenta fugas de aceite, no presenta abolladuras, corrosión ni fugas de aire.			
El personal cumple con los elementos de protección personal <b>Anexo 3.</b>			
El tanque TK- 201 de almacenamiento de solvente fresco no presenta corrosión, abolladuras ni fugas.			
El tanque TK- 203 de almacenamiento de solvente gastado no presenta corrosión, abolladuras ni fugas.			
	LISTA DE CHEQUEO DE OPERACIÓN SEGURA PARA LA PLANTA DE ABSORCIÓN DE LA ZONA CEPURE.		Versión 1
Proceso:			Pág. 2/2
Realizado por:			
Cargo:		Fecha:	
Marque con una <b>X</b> cumple o no el estado			
<b>Descripción</b>	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>Observación</b>
Se realizó la limpieza general a los equipos de la planta de absorción una vez termine su operación			
Los rotámetros de la planta de absorción se encuentran calibrados.			

Los sensores e indicadores de la planta de absorción se encuentran calibrados.			
Los manómetros de glicerina si se encuentran calibrados, no presente abolladuras ni fugas.			
Verificar que el tanque TK-201 acoplado a la succión de la bomba de diafragma P-201 se encuentre lleno para garantizar la correcta operación de esta.			
Verificar que el tanque TK-203 acoplado a la succión de la bomba centrífuga P-202 se encuentre lleno para garantizar la correcta operación de esta.			
Verificar que la bomba PV-201 de vacío se encuentre sin abolladuras ni fugas.			
Revisar que las líneas de tubería no presenten corrosión, rupturas o fugas.			
Confirme que las herramientas; 2 llaves de tubo para tubería, juego de llaves de tuercas, balde recolector, juego de llaves Allen, se encuentren en la planta.			
Examinar que las mirillas de nivel se encuentran limpias.			
La zona de CEPURE cuenta con letreros con base en la seguridad industrial.			
Verificar el estado de los 3 visores de la torre se encuentren limpios.			
Examinar que la trampa de vacío se encuentre limpia, sin corrosión, abolladuras o fugas.			

**Nota.** La Tabla 7 Representa la lista de chequeo de operación segura de la planta de absorción.

**ANEXO 3.**

**LISTA DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**

**Tabla 8**

*Lista De Elementos De Protección Personal*

 Universidad de <b>América</b> <small>1950</small>	INSPECCIÓN DE ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL		Versión 1
Proceso:		Pág. 1	
Realizado por:			
Cargo:		Fecha:	
NOMBRE DE ELEMENTOS	CUENTA CON EPP'S		OBSERVACIONES
	SI	NO	
CASCO DE SEGURIDAD			
OVERALL INDUSTRIAL O BATA			
BOTAS SEGURIDAD			
GUANTES DE CARNAZA			
GAFAS DE SEGURIDAD			
TAPONES AUDITIVOS DE (INSERCIÓN O COPA)			
COFIA			
TAPABOCAS INDUSTRIAL			

*Nota.* La Tabla 8 Representa la lista de elementos de protección personal de la planta de absorción.

**ANEXO 4.**

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE VÁLVULAS**

**Tabla 9**

*Lista De Verificación De Válvulas*

		LISTA DE VERIFICACION DE ESTADO DE LAS VALVULAS OPERATIVAS O NO OPERATIVAS			Versión 1	
Proceso:					Pág. 1	
Realizado por:						
Cargo:				Fecha:		
MAQUE CON UNA <b>X</b> SI ES OPERATIVA (OP) Y NO OPERATIVA(NOP)						
NOMBRE	OP	NOP	NOMBRE	OP	NOP	
HV-201			HV-231			
HV-202			HV-232			
HV-203			HV-233			
HV-204			HV-234			
HV-205			HV-235			
HV-206			HV-236			
HV-207			HV-237			
HV-208			HV-238			
HV-209			HV-239			
HV-210			HV-240			
HV-211			HV-241			
HV-212			HV-242			
HV-213			HV-243			
HV-214			HV-244			
HV-215			HV-245			
HV-216			HV-246			
HV-217			HV-247			
HV-218			HV-248			
HV-219			HV-249			
HV-220			HV-250			

HV-221			HV-251		
HV-222			HV-252		
HV-223			HV-259		
HV-224			HV-260		
HV-225			CV-253		
HV-226			CV-254		
HV-227			CV-255		
HV-228			CV-256		
HV-229			CV-257		
HV-230			CV-258		

*Nota.* La Tabla 9 Representa la lista de verificación de válvulas de la planta de absorción.

## ANEXO 5.

### MANUAL OPERACIÓN LABVIEW DE LA PLANTA DE ABSORCIÓN

A continuación, se encuentra el manual de operación de LabVIEW de la planta de absorción ubicada en CEPURE. Este se encuentra disponible en una carpeta en Google drive y se puede acceder a él por medio del vínculo adjunto o por el código QR.\

#### Figura 48

*QR Manual de operación de LabVIEW de la planta de absorción*



[https://drive.google.com/drive/folders/1bPH1-0qMznGk7CKbeNgw\\_HDDbIeSGfgD](https://drive.google.com/drive/folders/1bPH1-0qMznGk7CKbeNgw_HDDbIeSGfgD)

*Nota.* La Figura 48 Representa el código QR donde están contenido el Manual Operación de la planta de absorción.

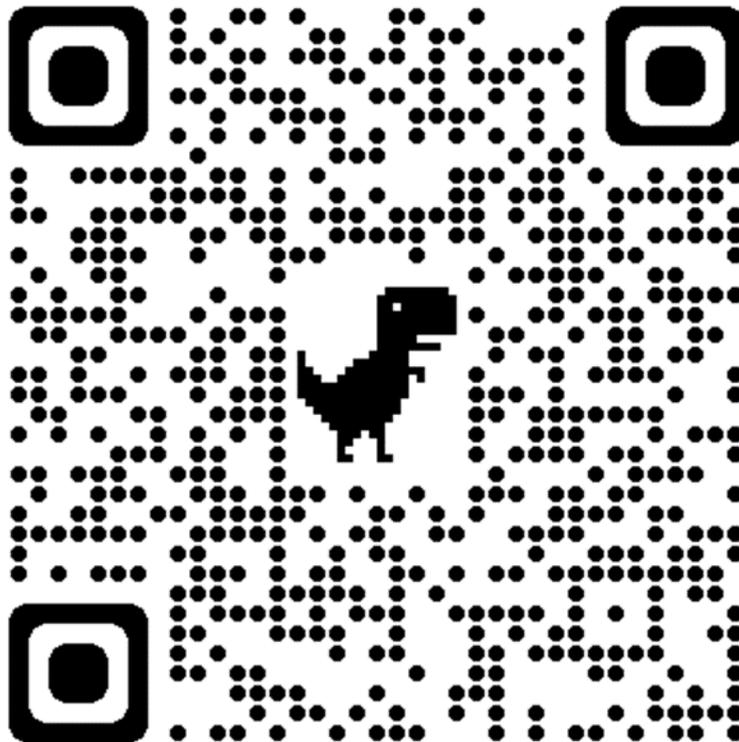
## ANEXO 6.

### ARCHIVO EJECUTABLE LABVIEW DE LA PLANTA DE ABSORCIÓN.

A continuación, se encuentra el Archivo ejecutable LabVIEW de la planta de absorción ubicada en CEPURE. Adicional a este se tiene una tabla comparativa del equipo en planta y su representación en el software, estos se encuentran disponibles en una carpeta en Google drive y se puede acceder a él por medio del vínculo adjunto o por el código QR.

#### Figura 49

*QR Archivo ejecutable LabVIEW de la planta de absorción*



<https://drive.google.com/drive/folders/1i1gZgwuoOlzAVVdcsuubrQz-k-oR-kjs>

*Nota.* La Figura 49 Representa el código QR donde están contenido el archivo ejecutable de LabVIEW de la planta de absorción.

## ANEXO 7.

### PLANO P&ID DE LA PLANTA DE ABSORCIÓN

A continuación, se encuentra el Plano P&ID de la planta de absorción ubicada en CEPURE. Este se encuentra disponible en una carpeta en Google drive y se puede acceder a él por medio del vínculo adjunto o por el código QR.

#### Figura 50

*QR Plano P&ID de la planta de absorción*



[https://drive.google.com/drive/folders/13E\\_YcLV8O7THvgitgfHZt1TwFPzPeTS](https://drive.google.com/drive/folders/13E_YcLV8O7THvgitgfHZt1TwFPzPeTS)

*Nota.* La Figura 50 Representa el código QR donde están contenido el plano P&ID de la planta de absorción.

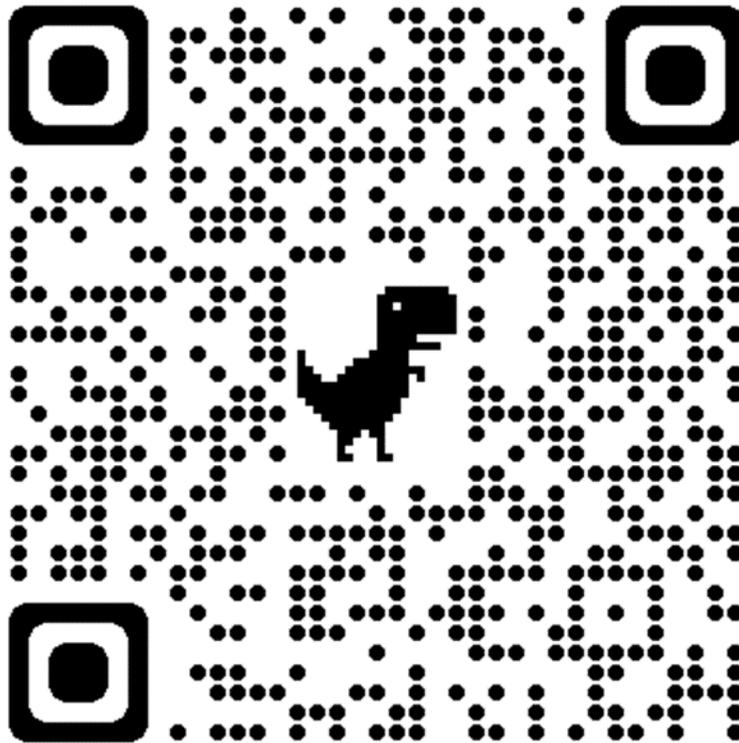
## ANEXO 8.

### TABLAS DE ESTADOS DE LA PLANTA DE ABSORCIÓN

A continuación, se encuentra las tablas de estados de la planta de absorción ubicada en CEPURE. Este se encuentra disponible en una carpeta en Google drive y se puede acceder a él por medio del vínculo adjunto o por el código QR.

#### Figura 51

*QR Tablas de estados de la planta de absorción*



<https://drive.google.com/drive/folders/1gB1sTXxvkTiYEL4dh41BR6IkVPGrcq7>

*Nota.* La Figura 51 Representa el código QR donde están contenido las tablas de estado de la planta de absorción.

## ANEXO 9.

### GRÁFICOS DE FUNCIÓN SECUENCIAL GRAFCET DE LA PLANTA DE ABSORCIÓN

A continuación, se encuentra los Gráficos de función secuencial GRAFCET de la planta de absorción ubicada en CEPURE. Este se encuentra disponible en una carpeta en Google drive y se puede acceder a él por medio del vínculo adjunto o por el código QR.

**Figura 52**

*QR Gráficos de función secuencial GRAFCET de la planta de absorción*



<https://drive.google.com/drive/folders/1bem9573k-yF3QjW58FQ9-h9iuXxTAlo>

*Nota.* La Figura 52 Representa el código QR donde están contenido Gráficos de función secuencial GRAFCET de la planta de absorción.

## ANEXO 10.

### CATÁLOGO GENERAL ELECTROBOMBA CENTRÍFUGA.

**Figura 53**

*Catálogo de electrobomba centrífuga*



*Nota.* La Figura 53 Representa el catálogo de la bomba centrífuga de la planta de absorción.

## Figura 54

### Catálogo de electrobomba centrífuga

#### CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **90 l/min** (5,4 m<sup>3</sup>/h)
- Altura manométrica hasta **100 m**

#### LIMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta **8 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+60 °C**
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C** (+50 °C para PK 60)
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba:
  - **6 bar** para PK 60, PK 60-MD, PK 65, PK 70, PK 80
  - **10 bar** para PK 90, PK 100, PK 200, PK 300
- Funcionamiento continuo **S1**

#### EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1      EN 60034-1  
IEC 60335-1      IEC 60034-1  
CEI 61-150      CEI 2-3



#### CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV  
ISO 9001: CALIDAD

#### UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Por su confiabilidad, simplicidad en el uso y por su ventaja económica, son aptas para el uso doméstico y en particular para la distribución del agua acopladas a pequeños tanques de presión, para irrigación de huertos y jardines.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

#### PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Soporte: patente n° IT1243605
- Eje motor: patente n° 0000275945 (PK60, PK65)
- Cuerpo: patente n° 0000275946 (PK60, PK65)
- Modelo comunitario registrado n° 004673192
- **PKm 60** Marca registrada n° 009875394

#### EJECUCION BAJO PEDIDO

- Cuerpo bomba con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para PK 70-80-90-100-200-300

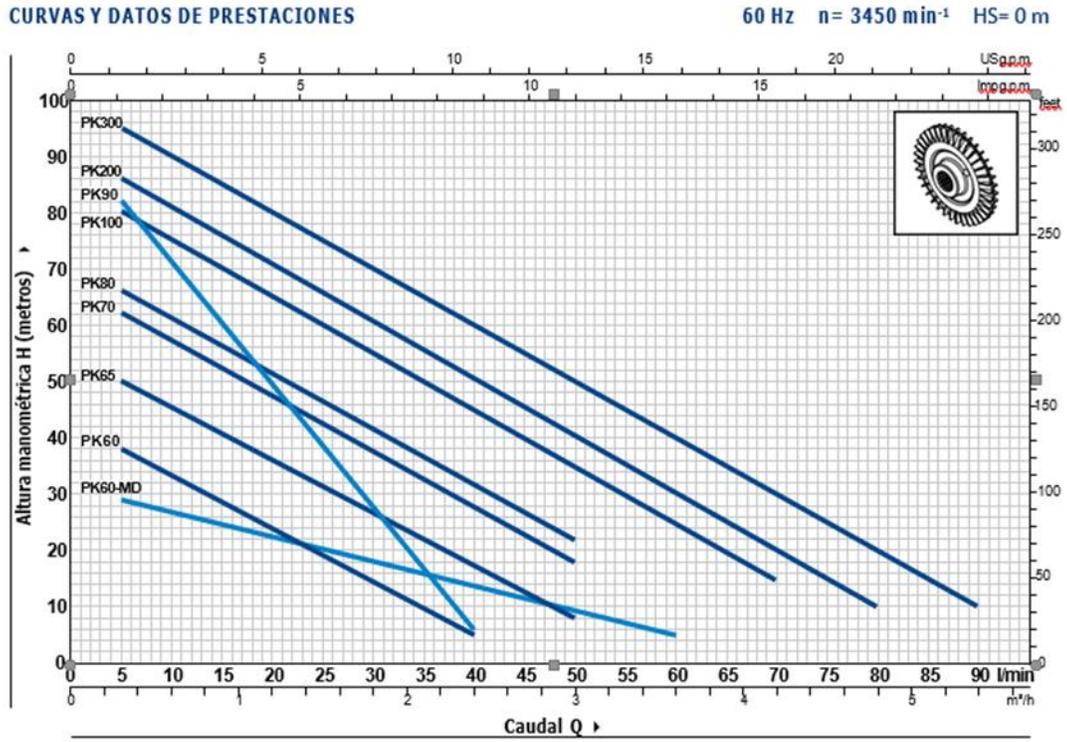
#### GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

*Nota.* La Figura 54 Representa el catálogo de la bomba centrífuga de la planta de absorción.

**Figura 55**

*Catálogo de electrobomba centrifuga*



*Nota.* La Figura 55 Representa el catálogo de la bomba centrifuga de la planta de absorción.

## Figura 56

### Catálogo de electrobomba centrifuga

MODELO		POTENCIA (P2)		Q	Q																
Monofásica	Trifásica	kW	HP		□	m <sup>3</sup> /h	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	
					l/min	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90		
PKm 60®	PK 60®	0.37	0.50	IE2	H metros	40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5							
PKm 60®-MD	PK 60®-MD	0.37	0.50			30	29	26.5	24.5	22.5	20.5	18	16	13.5	9.5	5					
PKm 65	PK 65	0.50	0.70	55		50	45.5	40.5	36	31	27	22	17	8							
PKm 70	PK 70	0.60	0.85	65		62	57	52	47	42	37	32	27	18							
PKm 80	PK 80	0.75	1	70		66	61	56	51	46	41	36.5	31	22							
PKm 90	PK 90	0.75	1	90		82	71	60	49	38	27	17	5								
PKm 100	PK 100	1.1	1.5	IE3		85	80	75	70	65	60	55	50	45	35	25	15				
PKm 200	PK 200	1.5	2			90	86	81	76	71	65.5	60	55	50	40	30	20	10			
-	PK 300	2.2	3			100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10		

Q - Caudal H - Altura manométrica total HS - Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

*Nota.* La Figura 56 Representa el catálogo de la bomba centrifuga de la planta de absorción.

**Figura 57**

Catálogo de electrobomba centrífuga

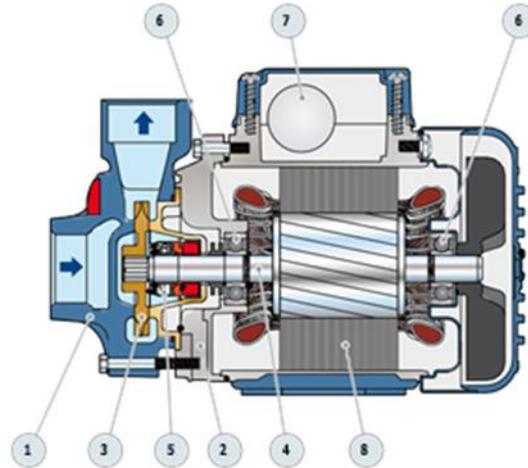
# PK

POS. COMPONENTE	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS					
1 CUERPO BOMBA	Hierro fundido con bocas roscadas ISO 228/1 (PK 60, PK 60-MD con tratamiento de cataforesis)					
2 SOPORTE	Aluminio con tapa en latón y laminilla de ajuste frontal antibloqueo (patentado)					
3 RODETE	Latón, del tipo aletas periféricas radiales					
4 EJE MOTOR	Acero Inoxidable EN 10088-3 - 1.4104					
5 SELLO MECANICO	<i>Electrobomba</i>	<i>Sello</i>	<i>Eje</i>		<i>Materiales</i>	
	<i>Modelo</i>	<i>Modelo</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i>	<i>Elastómero</i>
	PK 60-65-70-80	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR
	PK60-MD					
	PK 90	ST1-12	Ø 12 mm	Carburo de silicio	Grafito	NBR
	PK 100-200-300	FN-14	Ø 14 mm	Grafito	Cerámica	NBR
6 RODAMIENTOS	<i>Electrobomba</i>	<i>Modelo</i>				
	PK 60-65	6201 ZZ / 6201 ZZ				
	PK60-MD	6203 ZZ / 6203 ZZ				
	PK 70-80-90	6203 ZZ / 6203 ZZ				
	PK 100-200-300	6204 ZZ / 6204 ZZ				
7 CONDENSADOR	<i>Electrobomba</i>	<i>Capacidad</i>				
	<i>Monofásica</i>	<i>(220 V)</i>	<i>(110 V o 127 V)</i>			
	PKm 60	10 $\mu$ F - 450 VL	25 $\mu$ F - 250 VL			
	PKm60-MD					
	PKm 65	14 $\mu$ F - 450 VL	25 $\mu$ F - 250 VL			
	PKm 70	16 $\mu$ F - 450 VL	60 $\mu$ F - 300 VL			
	PKm 80	20 $\mu$ F - 450 VL	60 $\mu$ F - 300 VL			
	PKm 90	20 $\mu$ F - 450 VL	60 $\mu$ F - 300 VL			
	PKm 100	31.5 $\mu$ F - 450 VL	60 $\mu$ F - 250 VL			
	PKm 200	45 $\mu$ F - 450 VL	80 $\mu$ F - 250 VL			
8 MOTOR ELECTRICO	PKm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado. PK: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 hasta P2=0.50 kW y en clase IE3 desde P2=0.60 kW (IEC 60034-30-1)</li> <li>Aislamiento: clase F</li> <li>Protección: IP X4</li> </ul>					

*Nota.* La Figura 57 Representa el catálogo de la bomba centrífuga de la planta de absorción.

**Figura 58**

*Catálogo de electrobomba centrifuga*

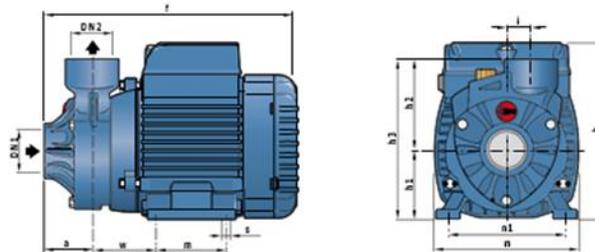


*Nota.* La Figura 58 Representa el catálogo de la bomba centrifuga de la planta de absorción.

**Figura 59**

*Catálogo de electrobomba centrifuga*

**DIMENSIONES Y PESOS**



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm											kg			
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	h3	i	m	n	n1	w	s	1~	3~	
PKm 60Ø	PK 60Ø	1"	1"		207	145	56		131		55	118	93-100	53	7	5.2	5.2	
PKm 60Ø-MD	PK 60Ø-MD			39	236	152	63	75	138	20	80	120	100			5.6	5.6	
PKm 65	PK 65																7.0	6.2
PKm 70	PK 70			55	285	180*	71	85	156		90	140	112			62	10.0	9.9
PKm 80	PK 80														10.0	9.9		
PKm 90	PK 90	¾"	¾"	46	278			84	155	19						10.0	10.0	
PKm 100	PK 100	1"	1"		350	212	80	94	174	20	100	164	125	85	9	14.4	14.3	
PKm 200	PK 200			55												15.5	15.5	
-	PK 300				370												-	18.1

(\* ) h=199 mm para versión monofásica en 110 V o 127 V

*Nota.* La Figura 59 Representa el catálogo de la bomba centrifuga de la planta de absorción.

ANEXO 11.

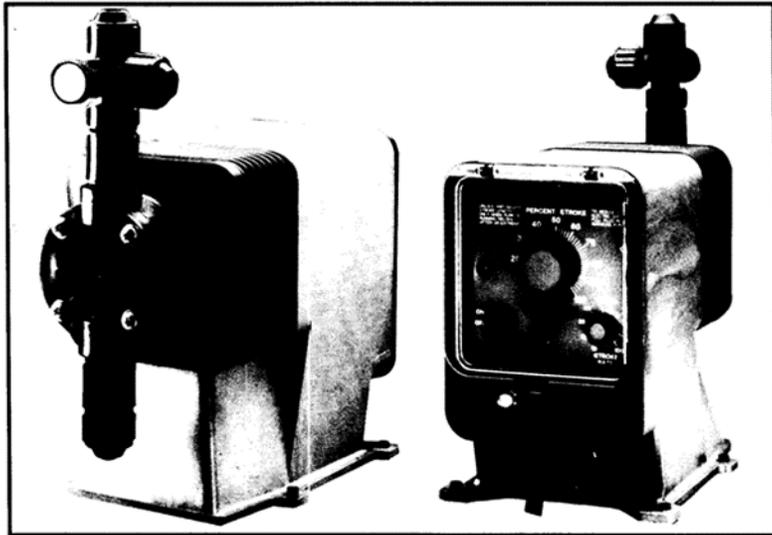
CATÁLOGO GENERAL DE LA BOMBA DE DIAFRAGMA.

Figura 60

*Catálogo de bomba de diafragma*

 **PHP-300 SERIES**

 **Chemical Metering Pumps**



 **READ ALL CAUTIONS CAREFULLY  
BEFORE INSTALLING PUMP**



**Operator's Manual  
M1756/1093**

*Nota.* La Figura 60 Representa el catálogo de la bomba diafragma de la planta de absorción.

## Figura 61

### *Catálogo de bomba de diafragma*

#### PRECAUTIONS FOR OPERATION

Each Electronic Metering Pump has been tested to meet prescribed specifications and safety standards. Proper care in handling, installation and operation will help in ensuring a trouble free installation.

**Please read all these cautionary notes prior to installation and start-up of your metering pump.**

1. **Important: Pump must be installed and used with supplied back pressure/injection valve. Failure to do so could result in excessive pump output flow.**
2. Handle the pump with care. Dropping or heavy impact causes not only external damage to the pump, but also to electrical parts inside.
3. Install the pump in a place where the ambient temperature does not exceed 40°C (104°F). The pump is water resistant and dust proof by construction and can be used outdoors, however **do not operate the pump submerged**. To avoid high internal pump temperatures, do not operate in direct sunlight.
4. Install the pump in a place convenient for its future maintenance and inspection, then fix it to prevent vibration.
5. Protective caps must be removed prior to installing tubing onto valve assemblies. Use tubing of specified size. Connect the tubing to the suction side securely to prevent the entrance of outside air. Make sure that there is no liquid leakage on the discharge side.
6. Be careful to check that the voltage of the installation matches the voltage indicated on the pump nameplate. Each pump is equipped with a three prong plug. Always be sure the pump is grounded. To disconnect, do not pull wire but grip the plug with fingers and pull out. Do not use the receptacle in common with heavy electrical equipment which generates surge voltage. It can cause the failure of the electronic circuit inside the pump.
7. Tampering with electrical devices can be potentially hazardous. Always place chemicals and pump installation well out of the reach of children.
8. Never repair or move the metering pump while operating. Always disconnect electrical power. **For safety, always wear protective clothing (protective gloves and safety glasses) when working on or near chemical metering pumps.**
9. An air bleed valve is available for most models with tubing connections. Air purges should be performed when the pump chamber contains no fluid at the time of start-up. As a safety measure, connect the return tubing to the air bleed valve and bypass fluid back to storage tank or a suitable drain.
10. Chemicals used may be dangerous and should be used carefully and according to warnings on the label. Follow the directions given with each type of chemical. Do not assume chemicals are the same because they look alike. Always store chemicals in a safe location away from children and others. OMEGA cannot be responsible for the misuse of chemicals being fed by the pump. Always have the material safety data sheet (MSDS) available for any fluid being pumped.
11. All pumps are pretested with water before shipment. Remove head and dry thoroughly if you are pumping a material that will react with water, (i.e. sulfuric acid, polymers). Valve seats, ball checks, gaskets, and diaphragm should also be dried. Before placing pump into service, extreme care should be taken to follow this procedure.
12. Valve cartridges are stamped to indicate fluid flow direction. Always install so that markings read from top to bottom.

*Nota.* La Figura 61 Representa el catálogo de la bomba diafragma de la planta de absorción.

## Figura 62

### *Catálogo de bomba de diafragma*

13. When metering hazardous material DO NOT use plastic tubing, strictly use proper rigid pipe. Consult OMEGA for special adapters or valve assemblies.
- 14. Pump is NOT to be used to handle or meter flammable liquids or materials.**
15. Standard white discharge tubing is not recommended for installations exposed to direct sunlight. Consult OMEGA for special black tubing.
16. Factory will not be held responsible for improper installation of pump, or plumbing. All cautions are to be read thoroughly prior to hook-up and plumbing. For all installations a professional plumber should be consulted. Always adhere to local plumbing codes and requirements.
17. When using pump with pressurized systems, make sure the pressure of the system does not exceed the maximum pressure rating on the pump nameplate. Be sure to de-pressurize system prior to hook up or disconnecting the metering pump.
18. Electronic power modules are equipped with automatic reset thermal overload devices and may reset unexpectedly.
19. The pump is designed to operate using a backpressure/injection valve. If the discharge point is below the liquid level of the source or if the discharge pressure is less than the suction pressure, siphoning may occur. To correct this condition, install an anti-siphon valve or other anti-siphon device. Check local regulations which may apply. (Refer to Figure G1).

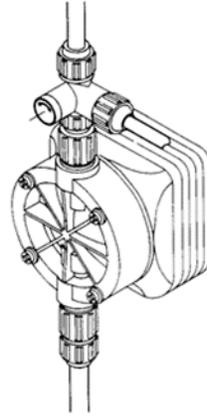
*Nota.* La Figura 62 Representa el catálogo de la bomba diafragma de la planta de absorción.

## Figura 63

### Catálogo de bomba de diafragma

#### Air Bleed Operation:

- A) While pump is running, turn adjustment screw counterclockwise.
  - B) Run with valve open until a solid stream of fluid comes out of the bypass tubing (1/4 x 3/8 supplied with valve), no air bubbles.
  - C) Close air bleed valve by turning adjustment screw clockwise.
5. Chemical should reach the pumphead after a few minutes of operation. If not, remove the discharge fitting and moisten the discharge valve area (ball check and valve seats) with a few drops of chemical being fed to the metering pump. **For safety, always use protective clothing and gloves, wear safety glasses and use a proper container to hold the chemical.**
  6. If the pump continues to refuse to prime, refer to Troubleshooting Section of these instructions.
  7. Once the pump has been primed and is pumping the chemical through the head, turn off the power, reconnect the discharge tubing (if it had been removed) and immediately clean any spilled chemical that is on the pump housing or head.
  8. Turn the power on once more and adjust the pump flow to the desired rate (see "Capacity Control").
  9. Always check the calibration of the pump after start-up. It's best to calibrate the pump under your typical use conditions.

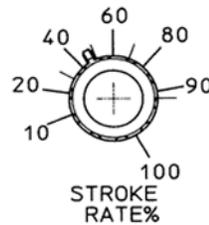


#### CAPACITY CONTROL

Capacity can be controlled by means of the stroke length adjusting knob or stroke frequency adjusting knob. Control knobs provide coarse adjustment, use a calibration column for accurate calibration. Contact OMEGA for proper calibration equipment.

##### (1) Stroke Frequency Adjustment:

- Stroke frequency can be controlled from 10 to 100% (12 to 125 spm) by means of the electronic circuit.
- Stroke frequency can be set by means of the stroke frequency adjusting knob even while the pump is in operation.



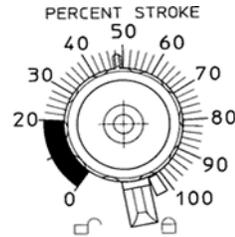
*Nota.* La Figura 63 Representa el catálogo de la bomba diafragma de la planta de absorción.

## Figura 64

### Catálogo de bomba de diafragma

#### (2) Stroke Length Adjustment:

- Stroke length can be controlled within 0 to 100% of the diaphragm displacement. (It should be controlled within 10 to 100% for practical use.)
- Stroke length can be set by means of the stroke length adjusting knob while the pump is in operation. **Do not turn the knob while the pump is stopped.**



#### (3) Controlling Procedure:

Proper set points for stroke length and stroke frequency should be determined after consideration of the pump and characteristics of the fluid. The following procedure is recommended from the viewpoint of pump performance. **Note: The closer the stroke length is to 100%, the better the pump performance will be.**

- A) Set the stroke length to 100%, then adjust the stroke frequency for coarse capacity control.
- B) Measure the capacity.
- C) When the measured capacity is less than the required value, increase the stroke frequency and measure the capacity again.
- D) Then, adjust the stroke length for fine capacity control.
- E) Finally, measure the capacity and make sure that the required value is obtained.

<b>Example</b>	Selected Model	=	PHP-321
	Set Stroke Length	=	100%
	Set Stroke Rate	=	100%
	Output Capacity (Rated Pressure)	=	40 GPD*
	Desired Flow	=	15 GPD
	Adjust Stroke Rate to 50%	=	$0.50 \times 40 = 20 \text{ GPD}^*$
	Output Capacity	=	
	Stroke Length Setting	=	$\frac{15}{20} \times 100 = 75\% \text{ approximate}$
			20

Thus to obtain the desired flow, stroke length is set at 75% and stroke rate is set at 50%, i.e. output capacity =  $0.75 \times 0.50 \times 40 = 15 \text{ GPD}^*$

\* Check these values by measurement. Output capacity is higher when feeding against less than rated pressure.

*Nota.* La Figura 64 Representa el catálogo de la bomba diafragma de la planta de absorción.

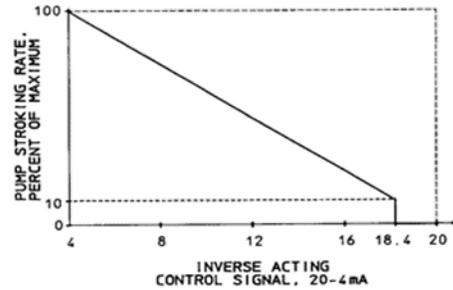
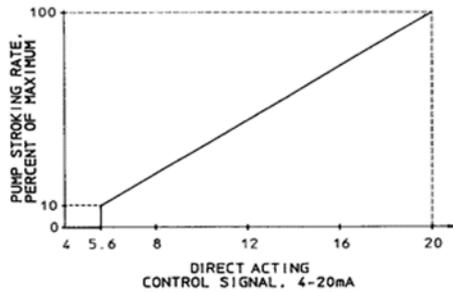
## Figura 65

### Catálogo de bomba de diafragma

#### 4-20 mA DC INPUT FUNCTION:

The pump's stroke rate can also be controlled by a 4-20 mA DC signal applied to the terminal marked [4-20 mA].

- For the 4-20 input to have any effect on the pump output rate, the AUTO/OFF/MANUAL switch must be in the AUTO position.
- The 4-20 mA input signal affects the pump's outputs as per the following graphs:  
NOTE: Inverse acting control signal capability must be requested, standard control signal is direct acting.



- The signal cord polarity is:  
Black = Common  
White = Positive  
Wrong polarity can result in excess flow.
- Signal input impedance is 124 ohms.
- Remove cap from pump socket labeled 4-20mA, use polarized cord supplied with pump to connect control circuit to pump. Plug cord into pump socket labeled 4-20mA.

#### MAINTENANCE

**CAUTION:** Before performing any maintenance or repairs on chemical metering pumps, be sure to disconnect all electrical connections and insure that all pressure valves are shut off and pressure in the pump and lines has been bled off.

Always wear protective clothing, gloves and safety glasses when performing any maintenance or repairs on chemical metering pumps.

#### ROUTINE MAINTENANCE

1. Routinely check the physical operating condition of the pump. Look for the presence of any abnormal noise, excessive vibration, low flow and pressure output or high temperatures [when running constantly at maximum stroke rate, the pump housing temperature can be up to 160°F (70°C)]
2. For optimum performance, cartridge valves should be changed every 4-6 months. Depending on the application, more frequent changes may be required. Actual operating experience is the best guide in this situation. Repeated short-term deterioration of valve seats and balls usually indicates a need to review the suitability of wetted materials selected for the application. Contact OMEGA for guidance.

*Nota.* La Figura 65 Representa el catálogo de la bomba diafragma de la planta de absorción.

## Figura 66

### Catálogo de bomba de diafragma

3. Check for leaks around fittings or as a result of deteriorating tubing, e.g. when standard white translucent discharge tubing is exposed to direct sunlight. Take appropriate action to correct leak by tightening fittings or replacing components.
4. Keep the pump free of dirt/debris as this provides insulation and can lead to excessive pump temperatures.
5. If the pump has been out of service for a month or longer, clean the pump head/valve assemblies by pumping fresh water for approximately 30 minutes. If the pump does not operate normally after this "purging run", replace cartridge valve assemblies.

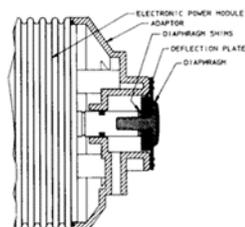
#### DISASSEMBLY AND ASSEMBLY DIAPHRAGM REMOVAL

1. Flush pumphead and valve assemblies out by running pump on water or other suitable neutralizing solution. Wash outside of pump down if chemical has dripped on pump.
2. Set stroke length of pump to 0% and unplug pump.
3. Disconnect tubing or piping from the pump. Remove the four pumphead screws and then remove the pumphead assembly.
4. Remove the diaphragm by grasping it at the outer edges and turning it counterclockwise until it unscrews from the electronic power module (EPM). Don't lose the deflection plate or diaphragm shims which are behind the diaphragm. Note shim quantity can be from 0 to 3.
5. Inspect diaphragm if it is intended to be used again. Look for indications of the Teflon face being overstretched, (localized white areas) or the elastomer on the back of the diaphragm being worn. Excessive amounts of either condition require diaphragm replacement.

#### DIAPHRAGM REPLACEMENT

Refer to drawings in the back of the manual.

1. When replacing the diaphragm, it's always a good idea to replace the valve cartridges and other worn parts. Please contact the OMEGA pH Department for replacement part information.
2. Set pump stroke length to 0% and unplug the pump.
3. If you kept the shims from the original diaphragm or know the original quantity you can avoid Step #4 for shimming the diaphragm and go to Step #5.
4. Slide the diaphragm deflection plate onto the back of the diaphragm stud, radius side towards the diaphragm. Next slide three shims onto the diaphragm threaded stud and screw the diaphragm into the EPM unit. Refer to sketch. Turn diaphragm clockwise until it stops turning. If there is a gap between the adaptor and diaphragm, repeat the procedure removing one shim each time until the diaphragm just touches the adaptor or is slightly recessed.



*Nota.* La Figura 66 Representa el catálogo de la bomba diafragma de la planta de absorción.

## Figura 67

### *Catálogo de bomba de diafragma*

5. Apply grease to areas of the diaphragm that contact the deflection plate or radius on the adaptor.
6. Screw the diaphragm into the EPM unit's shaft with the deflection plate and appropriate number of shims in between.
7. Adjust stroke length to 50%. It is easier to do this if you temporarily turn the pump on. Place the pumphead onto the adaptor with valve flow arrows pointing up and install and tighten pumphead screws. Tighten screws until pumphead pulls up against adaptor.
8. Adjust stroke length back to 100% for easier priming and place pump back into service.

#### **VALVE REPLACEMENT**

1. Flush pump to clean any chemical from pumphead.
2. Unplug pump, release system pressure, and disconnect any tubing or piping.
3. Unscrew valve cartridges and discard. Also remove O-Rings down inside pumphead.
4. Using new O-Rings, install new valve cartridges with stamped letters reading from top to bottom. Hand tighten only, do not use wrenches or pliers.
5. Reconnect tubing or piping and reinstall the pump.
6. Check for leaks around newly installed fittings.

*Nota.* La Figura 67 Representa el catálogo de la bomba diafragma de la planta de absorción.

# Figura 68

## Catálogo de bomba de diafragma

**NOTES**  
 1. TERMINAL LOCATIONS ON THE CIRCUIT BOARD VARY DEPENDING ON THE CONTROL OPTION.

ITEM	DESCRIPTION	QTY	ITEM	DESCRIPTION	QTY
50	ELECTRONIC POWER MODULE EPM	1	#69	PIN PLUG	2
51	HOUSING	1	70	LOCKING TAB	1
52	ELECTRONIC CONTROL BOARD	1	71	KNOB STROKE LENGTH	1
53	CONTROL PANEL	1	72	KNOB MOUNTING SCREW	1
54	DUST COVER ASSEMBLY	1	73	KNOB STICKER STROKE LENGTH	1
55	FEMALE ADJUSTMENT SHAFT	1	74	EPM MOUNTING SCREW	4
56	MALE ADJUSTMENT SHAFT	1			
57	EPM RETAINING PLATE	1	76	GROMMET STROKE LENGTH	1
58	EPM/HOUSING O-RING	1	77	PANEL LABEL (NOT SHOWN)	1
59	CONTROL PANEL O-RING	1	79	EPM MOUNTING WASHER	4
60	SECONDARY SEAL	1	81	CONTROL PANEL ASSEMBLY	1
61	STRAIN RELIEF	1	#84	STOP/FCTN LABEL (NOT SHOWN)	1
62	POWER CORD	1	#85	STOP/FCTN CORDS (NOT SHOWN)	2
63	CIRCUIT BREAKER	1	87	JUMPER WIRE	1
64	CONTROL PANEL SCREW	5-6	88	GROUND LUG NUT	3
65	GROMMET STROKE RATE/SWITCH	2	89	GROUND LUG BOLT	1
66	KNOB STROKE RATE/SWITCH	2	90	GROUND LUG WASHER	3
67	KNOB STICKER RATE/SWITCH	2	92	BREAKER COVER (NOT SHOWN)	1
68	KNOB SET SCREW	2			

NOTE: 1. LATER PUMP VERSIONS ARE SUPPLIED WITH AN INTEGRAL STRAIN RELIEF/CORD ASSEMBLY.  
 \* THESE ITEMS USED ON EXTERNAL PACING/STOP AND 4-20 MA/STOP OPTIONS.  
 \*\* 115 VOLT EPM UNITS HAVE GREY LEADS.  
 230 VOLT EPM UNITS HAVE RED LEADS.

ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES

**PHP-300 SERIES  
 DRIVE ASSEMBLY**

Dwn BY: PTP  
 DATE: 01/23/90 AC00013\_002

UPDATE LEAD NOTE/MOVE #54	02/28/91
REF REVISION UPDATE	DATE

21

Nota. La Figura 68 Representa el catálogo de la bomba diafragma de la planta de absorción.

# Figura 69

## Catálogo de bomba de diafragma

ITEM	DESCRIPTION	QTY
1	PUMP HEAD	1
2	DIAPHRAGM	1
3	DEFLECTION PLATE	1
4	ADAPTOR	1
5	DIAPHRAGM SHIMS	*0-2
6	O RING	1
7	PUMP HEAD SCREWS	4
8	PUMP HEAD WASHERS	4
9	SUCTION VALVE CARTRIDGE ASSEMBLY	1
10	DISCHARGE VALVE CARTRIDGE ASSEMBLY	1
11	BLEED VALVE ASSEMBLY	1
12	FOOT VALVE/STRAINER ASSEMBLY	1
13	INJECTION VALVE ASSEMBLY	1
18	O RING	2
24	COUPLING NUT	2
36	O RING	1

\* QUANTITY VARIES - SHIM AS REQUIRED

ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES	
PHP-300 SERIES PUMP HEAD ASSEMBLY	
DWN BY: MJP	AC00054_002
DATE: 01/17/90	

UPDATE OF PARTS LISTING	09/13/90
REF: REVISION UPDATE	DATE

*Nota.* La Figura 69 Representa el catálogo de la bomba diafragma de la planta de absorción.

## ANEXO 12.

### CATÁLOGO GENERAL DE LA BOMBA DE VACÍO

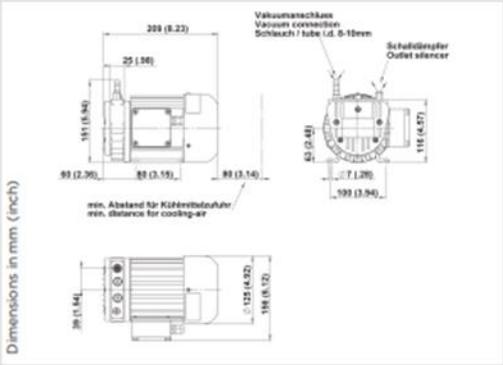
**Figura 70**

*Catálogo de bomba de vacío*

**Rotary Vane Pump VTE 3**

<b>Flow</b>	<b>3.5/4.2 m<sup>3</sup>/h (2.0/2.5 cfm)</b>
<b>Max. vacuum</b>	<b>-850 mbar (25.0°Hg)</b>





PNEUMATIC DATA				
Description	VTE 3 230/50/60	VTE 3 115/50/60	VTE 3 Three-phase 50/60	VTE 3 24 DC
Part number	<b>25130110</b>	<b>25130111</b>	<b>25130113</b>	25130172
Max. flow	3.5/4.2 m <sup>3</sup> /h (2.0/2.5 cfm)	3.5/4.2 m <sup>3</sup> /h (2.0/2.5 cfm)	3.5/4.2 m <sup>3</sup> /h (2.0/2.5 cfm)	3.5 m <sup>3</sup> /h (2.0 cfm)
Max. intermittent vacuum	-850 mbar (25.0°Hg)	-850 mbar (25.0°Hg)	-850 mbar (25.0°Hg)	-850 mbar (25.0°Hg)
Max. continuous vacuum	-850 mbar (25.0°Hg)	-850 mbar (25.0°Hg)	-850 mbar (25.0°Hg)	-850 mbar (25.0°Hg)

ELECTRICAL DATA				
Motor type	Capacitor	Capacitor	Three-phase	Permanent magnet
Nominal voltage	230 V ±10% 50/60 Hz	100 V ±10% 50 Hz 100-115 V ±10% 60 Hz	200-255/346-440 V 50 Hz 200-277/346-480 V 60 Hz	24 V DC 24 V DC
Nominal speed	2750/3250 rpm	2750/3300 rpm	2860/3360 rpm	2850 rpm
Motor rating	0.120/0.145 kW	0.120/0.145 kW	0.120/0.145 kW	0.120 kW
Current consumption	1.3/1.4 A	2.7/2.9 A	1.12/0.71/1.02/0.62 A	10.5 A
Motor insulation class	F	F	F	F
Protection class	IP54	IP54	IP54	IP55
Thermal protector	yes	yes	no	no
Regulatory approval	cURus, CE	cURus	CE	-

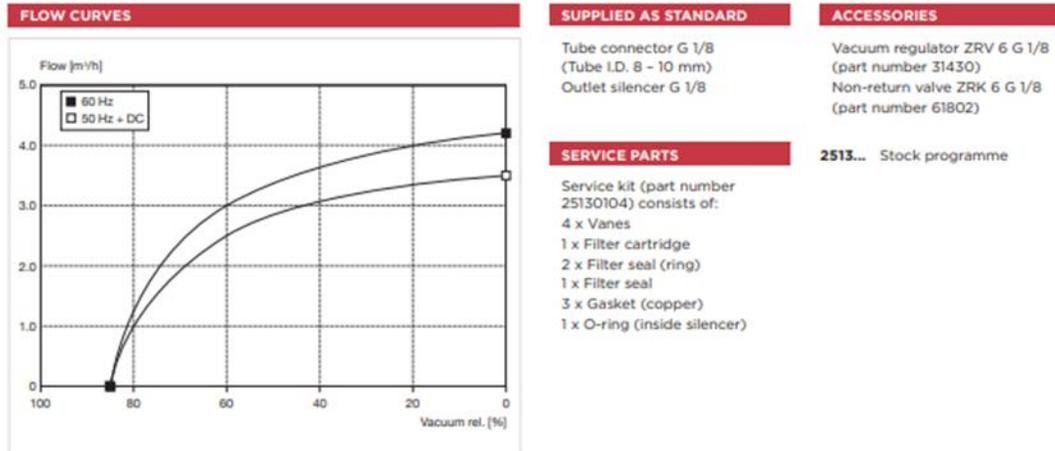
*Nota.* La Figura 70 Representa el catálogo de la bomba de vacío de la planta de absorción.

## Figura 71

### Catálogo de bomba de vacío

GENERAL DATA				
Ambient temperature	0 to 50 °C (32 to 122°F)			
Weight	6.5 kg (14.3 lbs)	6.5 kg (14.3 lbs)	6.5 kg (14.3 lbs)	7.9 kg (17.4 lbs)
Direction of rotation	ccw	ccw	ccw	ccw
Average noise level	55/57 dB (A)	55/57 dB (A)	55/57 dB (A)	62 dB (A)

All listed flow values relate to air at the pump inlet condition (i.e. expanded under vacuum).  
Further information (general usage, installation, servicing etc.) is available in the operating instructions manual.



**Nota.** La Figura 71 Representa el catálogo de la bomba de vacío de la planta de absorción.

## **ANEXO 13**

### **RECOMENDACIONES**

Desarrollar otras interfaces graficas de usuario para los equipos de planta de destilación, tren de evaporadores, banco de reactores, con fin de capacitar a los estudiantes, docentes y los potenciales usuarios de la industria, garantizando la operación segura de los equipos.

Realizar una inspección luego del montaje de la planta de absorción para identificar instrumentos y tuberías que deban ser reparados o sustituidas por nuevas piezas, y a si contribuir a la prevención de accidentes evitar mantenimientos correctivos, optimizar el tiempo de vida útil del equipo.

Según la norma NTC 1461:1987 y NTC 3458:1992 se hace menester identificar nuevos riesgos e instalar toda la señalización de la planta de absorción posterior a su puesta en marcha para garantizar la seguridad y salud de los operarios.

Se recomienda actualizar la información de los manuales de operación luego de la puesta en marcha de los equipos, pues estos presentan errores actualmente.

Realizar el etiquetado de los equipos con su correspondiente nomenclatura, etiquetado de válvula e instrumentos, que coincida con los diagramas P&ID actualizados y la enumeración asignada a cada unidad, en caso de efectuarse un cambio actualizar los diagramas, tablas, esquemas de la unidad.