

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA  
ININTERRUMPIDA A TRAVÉS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS  
EQUIPOS DE ULTRA PASTEURIZACIÓN PARA GARANTIZAR LA  
CONTINUIDAD DEL PROCESO EN COLANTA, PLANETA RICA, CÓRDOBA,  
COLOMBIA**



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"



Res. MEN 2856 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

**COLANTA-PLANETA RICA**

**JUAN GABRIEL CHÁVEZ MARENCO**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
INGENIERÍA MECÁNICA  
MONTERÍA, CÓRDOBA**

**2022**

***Por una universidad con calidad, moderna e incluyente***

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 [www.unicordoba.edu.co](http://www.unicordoba.edu.co)

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA  
ININTERRUMPIDA A TRAVÉS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS  
EQUIPOS DE ULTRA PASTEURIZACIÓN PARA GARANTIZAR LA  
CONTINUIDAD DEL PROCESO EN COLANTA, PLANETA RICA, CÓRDOBA,  
COLOMBIA**



**COLANTA-PLANETA RICA**

**JUAN GABRIEL CHÁVEZ MARENCO**

**Trabajo de grado presentado, en la modalidad de Práctica Empresarial para optar  
al Título de Ingeniero Mecánico.**

**Director (es):**

**MIGUEL ANGEL LANCHEROS MONTIEL, Ing. Mecánico.**

**HENRY MONTES CORREA, Ing. Eléctrico.**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

**MONTERÍA, CÓRDOBA**

**2022**

***Por una universidad con calidad, moderna e incluyente***

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 [www.unicordoba.edu.co](http://www.unicordoba.edu.co)



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



I

**La responsabilidad ética, legal y científica, de las ideas, conceptos, y resultados del proyecto de investigación, serán responsabilidad de los autores.**

**Artículo 59, Acuerdo N° 022 del 21 de febrero de 2018 del Consejo Superior.**

**Tener en cuenta los Artículos y directrices establecidos la Resolución 1775, del 21 de agosto de 2019. En donde se establecen las directrices y las políticas de funcionamiento del repositorio institucional de la Universidad de Córdoba (Artículos tercero, octavo, once, entre otros).**

**“11 – BUENA FE: La universidad considera que la producción intelectual que, los profesores, funcionarios administrativos y estudiantes le presenten, es realizada por éstos, y que no han transgredido los derechos de otras personas. En consecuencia, la aceptará, protegerá, publicará y explotará, según corresponda y lo considere pertinente”. Artículo 1, Acuerdo N° 045 del 25 de mayo de 2018 del Consejo Superior.**



**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**



II

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**VALÉRY JOSÉ LANCHEROS SUÁREZ**

---

**Firma del jurado**

**OSCAR JAIRO PERALTA VERGARA**

---

**Firma del jurado**

***Por una universidad con calidad, moderna e incluyente***

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 [www.unicordoba.edu.co](http://www.unicordoba.edu.co)



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



III

Agradezco primeramente a DIOS, quien, de sus manos, me acompaña y me da fuerzas en cada camino de mi vida. Que toda la gloria sea para Él.

Agradezco a mis padres, JUAN GABRIEL CHÁVEZ MARTÍNEZ y MARTA CECILIA MARENCO MARTÍNEZ, especialmente a mi madre que me llena de valor y motivos para seguir adelante y que siempre estuvo ahí en mis noches largas.

Agradezco a mis hermanos, JUAN MANUEL CHÁVEZ MARENCO y ANA GABRIEL CHÁVEZ MARENCO, a quienes quiero mucho y quienes me sirvieron de ejemplo a seguir y a mi sobrino, SAMUEL ELÍAS CHÁVEZ MARENCO, que se convirtió en un motivo más para luchar por mis sueños.

Agradezco a EMILSA MARENCO MARTÍNEZ y MARLENE MARENCO MARTÍNEZ, quienes creyeron en mí y me ayudaron de una manera incondicional.

Agradezco al ingeniero MIGUEL ANGEL LANCHEROS MONTIEL por su apoyo desinteresado en el desarrollo de este proyecto y todos los conocimientos transmitidos durante su desarrollo.

Agradezco al programa de Ingeniera Mecánica de la Universidad de Córdoba y a cada uno de sus docentes y compañeros de clase, por todos los conocimientos transmitidos y todas las experiencias vividas.

A todos les agradezco mucho.

*JUAN GABRIEL CHÁVEZ MARENCO*

***Por una universidad con calidad, moderna e incluyente***

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 [www.unicordoba.edu.co](http://www.unicordoba.edu.co)



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



IV

### **Agradecimientos especiales a:**

A mis tutores MIGUEL ANGEL LANCHEROS MONTIEL y HENRY MONTES CORREA, por su paciencia, constante disponibilidad y dedicación en este proceso.

Al ING. GUSTAVO BLANQUICET MÁRQUEZ, quien me brindó la oportunidad y la idea de trabajar en este proyecto.

Al ING. JUAN MANUEL CHÁVEZ MARENCO, quien me brindó constantemente conocimientos necesarios en el desarrollo de este proyecto.



|       |                                                                                                                                                          |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | INTRODUCCIÓN .....                                                                                                                                       | 1  |
| 2     | PLATAFORMA ESTRATÉGICA DE LA EMPRESA.....                                                                                                                | 3  |
| 3     | MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL .....                                                                                                                         | 6  |
| 3.1   | POTENCIA ELÉCTRICA .....                                                                                                                                 | 6  |
| 3.2   | POTENCIA ELÉCTRICA EN SISTEMAS TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA .....                                                                                     | 6  |
| 3.3   | LAVADO CIP (CLEANING IN PLACE) .....                                                                                                                     | 6  |
| 3.4   | ULTRA-ALTA TEMPERATURA .....                                                                                                                             | 7  |
| 3.5   | SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA .....                                                                                                             | 7  |
| 3.6   | ESTERILIDAD COMERCIAL DE EQUIPOS Y DE ENVASES PARA EL PROCESAMIENTO Y ENVASADO ASÉPTICO DE ALIMENTOS .....                                               | 7  |
| 3.7   | VALOR PRESENTE NETO(VPN) .....                                                                                                                           | 8  |
| 3.8   | TASA INTERNA DE RENDIMIENTO .....                                                                                                                        | 8  |
| 4     | DIAGNÓSTICO ESPECÍFICO DE LA EMPRESA.....                                                                                                                | 9  |
| 5     | ACTIVIDADES DESARROLLADAS .....                                                                                                                          | 10 |
| 5.1   | CÁLCULO DE LA CARGA REQUERIDA DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA. ....                                                            | 10 |
| 5.1.1 | CÁLCULO DE LA CARGA DE LA UPS TENIENDO EN CUENTA EL CONSUMO REAL DE LOS EQUIPOS PERTENECIENTES AL ÁREA DE GENERACIÓN DE VAPOR Y ÁREA DE SERVICIOS.....   | 10 |
| 5.1.2 | CÁLCULO DE LA CARGA DE LA UPS PERTENECIENTE AL ÁREA DE GENERACIÓN DE VAPOR TENIENDO EN CUENTA LA POTENCIA NOMINAL DE LOS EQUIPOS OBTENIDA EN LA PLACA DE |    |



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



|                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO O EN EL CATÁLOGO DEL FABRICANTE. ....                                                                                                                                                                    | 14 |
| 5.1.3 CÁLCULO DE LA CARGA DE LA UPS PERTENECIENTE AL ÁREA DE ULTRA ALTA TEMPERATURA TENIENDO EN CUENTA LA POTENCIA NOMINAL OBTENIDA EN LA PLACA DE ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO Y/O EL CONSUMO REAL.....                              | 17 |
| 5.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA DISEÑADO PARA GARANTIZAR LA CONTINUIDAD DEL PROCESO DE ULTRA PASTEURIZACIÓN, CON BASE EN LOS SOBRECOSTOS CAUSADOS POR LAS INTERRUPCIONES. .... | 20 |
| 5.2.1 MANO DE OBRA .....                                                                                                                                                                                                             | 20 |
| 5.2.2 ENERGÍA ELÉCTRICA .....                                                                                                                                                                                                        | 21 |
| 5.2.3 AGUA POTABLE .....                                                                                                                                                                                                             | 26 |
| 5.2.4 VAPOR .....                                                                                                                                                                                                                    | 27 |
| 5.2.5 SODA CÁUSTICA Y ÁCIDO NÍTRICO .....                                                                                                                                                                                            | 29 |
| 5.2.6 LIBERACIÓN (SWABS LUMINÓMETRO DE SUPERFICIE) .....                                                                                                                                                                             | 29 |
| 5.2.7 ALISTAMIENTO DE MÁQUINA LLENADORA DE LÍQUIDO .....                                                                                                                                                                             | 30 |
| 5.2.8 LUCRO CESANTE .....                                                                                                                                                                                                            | 31 |
| 5.3 DISEÑO DE MONTAJE DE LOS SISTEMAS E ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA .....                                                                                                                                                 | 33 |
| 5.3.1 DIMENSIONES.....                                                                                                                                                                                                               | 33 |
| 5.3.2 CABLEADO .....                                                                                                                                                                                                                 | 35 |
| 5.3.3 TIEMPO DE MONTAJE.....                                                                                                                                                                                                         | 36 |
| 5.3.4 UBICACIÓN .....                                                                                                                                                                                                                | 36 |
| 5.3.5 COSTO DE CERRAMIENTO .....                                                                                                                                                                                                     | 38 |



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



|       |                                                                                                   |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.4   | COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA .....  | 38 |
| 5.4.1 | RESUMEN DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA .....          | 40 |
| 5.5   | ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS SECUNDARIOS PARA JUSTIFICAR LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS UPS. .... | 42 |
| 6     | PROPUESTA DE MEJORAMIENTO.....                                                                    | 44 |
| 7     | APORTES DEL ESTUDIANTE .....                                                                      | 47 |
| 8     | CONCLUSIONES .....                                                                                | 48 |
| 9     | RECOMENDACIONES.....                                                                              | 49 |
| 10    | BIBLIOGRAFÍA .....                                                                                | 50 |
| 11    | ANEXOS .....                                                                                      | 52 |



|                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Consumo real de los equipos pertenecientes al área de generación de vapor, aire comprimido y agua potable. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....                                                         | 13 |
| <b>Tabla 2.</b> Potencias nominales de equipos pertenecientes al área de generación de vapor, aire comprimido y agua potable. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....                                                      | 14 |
| <b>Tabla 3.</b> Carga nominal de los equipos pertenecientes al área de generación de vapor y servicios determinada mediante catálogos y placas de especificaciones de los equipos. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. .... | 16 |
| <b>Tabla 4</b> Consumo eléctrico determinado mediante las cargas nominales de los equipos encontradas en los catálogos y placas de especificaciones de cada referencia. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....            | 19 |
| <b>Tabla 5</b> Calculo del consumo eléctrico del esterilizador Elecster del área de UHT. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....                                                                                           | 22 |
| <b>Tabla 6.</b> Cálculo del consumo eléctrico del Homogenizador del proceso de UHT. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....                                                                                                | 22 |
| <b>Tabla 7.</b> Cálculo del consumo eléctrico del Homogenizador del proceso de UHT. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....                                                                                                | 23 |
| <b>Tabla 8</b> Ciclos de funcionamiento de la bomba de agua potable en un CIP del proceso UHT (Ver en anexo <b>Figura 25</b> ). Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....                                                    | 24 |
| <b>Tabla 9</b> Calculo del costo del consumo eléctrico y características técnicas de la bomba de agua potable (ver anexo, <b>Figura 14</b> ). Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....                                      | 24 |
| <b>Tabla 10</b> Datos técnicos y de consumo de la bomba de soda caustica. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....                                                                                                          | 26 |
| <b>Tabla 11</b> Datos técnicos y de consumo de la bomba de ácido nítrico. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....                                                                                                          | 26 |



|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 12</b> Presentaciones de empaques y cantidad de consumo en alistamiento de máquina selladora de líquido. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo..... | 30 |
| <b>Tabla 13</b> Costo unitario de polietileno. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....                                                                   | 30 |
| <b>Tabla 14</b> Sobrecostos debido a fallas en el fluido eléctrico en el proceso de UHT. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....                         | 32 |
| <b>Tabla 15</b> Resumen de costos de implementación de los sistemas de alimentación ininterrumpida. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo. ....              | 40 |
| <b>Tabla 16</b> Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna.....                                                     | 62 |
| <b>Tabla 17</b> Cálculo de fabricación, salón UPS (Ministerio de Minas y Energía, 2013) ....                                                                    | 62 |
| <b>Tabla 18</b> Resumen de fallas eléctricas, Colanta, Planeta Rica. Elaborado por Aux. Mantenimiento-Ing. Hugo Reyes Brun.....                                 | 63 |
| <b>Tabla 19</b> Catálogo de CENTELSA (CENTELSA, 2021).....                                                                                                      | 64 |
| <b>Tabla 20</b> Costos de potabilización de agua. Elaborado por Auxiliar Ambiental Colanta Planeta Rica.....                                                    | 65 |
| <b>Tabla 21</b> Propiedades termodinámicas de agua a diferentes presiones. (Cengel & Boles, 2011) .....                                                         | 65 |
| <b>Tabla 22</b> Propiedades termodinámicas de agua a diferentes temperaturas. (Cengel & Boles, 2011) .....                                                      | 66 |
| <b>Tabla 23</b> Poder calorífico del gas natural tomado de factura de gas natural de fecha de Mato de año 2021. Tomado de: Colanta, Planeta Rica.....           | 66 |



|                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Dimensionamiento de salón para sistema de alimentación de energía ininterrumpida, área UHT. Dimensiones en mm .....                                                         | 34 |
| <b>Figura 2</b> Dimensionamiento de salón para sistema de alimentación de energía ininterrumpida, área generación de vapor y servicios. Dimensiones en mm.....                              | 35 |
| <b>Figura 3</b> Ubicación del sistema de alimentación de energía del área e generación de vapor y servicios , sobre plano elaborado por arquitecta de la planta. Fuente: Gilma Mendoza..... | 37 |
| <b>Figura 4</b> Registro de medición de voltaje en la línea de equipos de generación de vapor. ....                                                                                         | 52 |
| <b>Figura 5</b> Registro de medición de corriente en la bomba de agua de alimentación de la caldera .....                                                                                   | 52 |
| <b>Figura 6</b> Registro de medición de corriente en motor quemador-ventilador .....                                                                                                        | 53 |
| <b>Figura 7</b> Registro de medición de corriente en la bomba de Agua potable .....                                                                                                         | 53 |
| <b>Figura 8</b> Registro de medición de voltaje en la bomba de Agua potable.....                                                                                                            | 53 |
| <b>Figura 9</b> Registro de medición de voltaje en el compresor.....                                                                                                                        | 54 |
| <b>Figura 10</b> Registro de medición de corriente en el compresor de aire.....                                                                                                             | 54 |
| <b>Figura 11</b> Motor ventilador caldera 600 bhp .....                                                                                                                                     | 54 |
| <b>Figura 12</b> Placa de especificaciones de Motor bomba alimentación 1 caldera.....                                                                                                       | 55 |
| <b>Figura 13</b> Bomba de agua potable .....                                                                                                                                                | 55 |
| <b>Figura 14</b> Placa de especificaciones de Compresor de aire .....                                                                                                                       | 55 |
| <b>Figura 15</b> Ficha técnica de Homogenizador proceso de UHT .....                                                                                                                        | 56 |
| <b>Figura 16.</b> Datos técnicos de esterilizador Elecster .....                                                                                                                            | 56 |



|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 17</b> Datos técnicos de Encintadora de cajas 1 y 2, proceso UHT .....                  | 57 |
| <b>Figura 18</b> Datos técnicos de Motor 1-Arrastre Llenadora aséptica .....                      | 57 |
| <b>Figura 19</b> Datos técnicos de Motor 2-Balancin .....                                         | 58 |
| <b>Figura 20</b> Datos técnicos de bomba ESA llenadora de líquidos .....                          | 58 |
| <b>Figura 21</b> Datos técnicos de motor banda transportadora. Cantidad 3 .....                   | 58 |
| <b>Figura 22</b> Datos técnicos de Motor Bomba plataforma hidráulica .....                        | 59 |
| <b>Figura 23</b> Costo unitario de energía eléctrica en Kw/h.....                                 | 59 |
| <b>Figura 24</b> Ciclos de funcionamiento de la bomba d agua potable en CIP del proceso UHT ..... | 60 |
| <b>Figura 25</b> Consumo de 8 metros cúbicos INICIO VS FINAL durante un proceso de CIP .....      | 60 |
| <b>Figura 26</b> Lectura de medición de consumo de vapor durante la realización de un CIP         | 61 |
| <b>Figura 27</b> Cotización de sistema de alimentación ininterrumpida, capacidad 120 kVA          | 61 |



## **1 INTRODUCCIÓN**

La Cooperativa Lechera de Antioquia (por sus siglas Colanta) es una empresa reconocida en el sector agroindustrial debido a que procesa variedad de productos de calidad, como son las líneas de lácteos, cárnicos, refrescos, sales, concentrados, fertilizantes. (Cooperativa Colanta, 2021)

La planta de producción Colanta, que se encuentra ubicada en el municipio de Planeta Rica, Córdoba, cuenta con un área de ultra-alta temperatura donde se produce la leche de larga vida, otra destinada a la producción de leche en polvo, leche pasteurizada, jugo tampico y mantequilla, con las cuales es líder a nivel nacional e internacional debido a que constantemente exporta productos a otros países. En esta entidad se fomenta la cultura orientada al mejoramiento continuo. (Cooperativa Colanta 2021)

Al igual que Colanta, casi todas las industrias necesitan el fluido eléctrico de la red pública para llevar a cabo el proceso de alimentación energética a todas sus máquinas y equipos, debido a esta necesidad, cuando se produce una interrupción en el fluido eléctrico, las empresas tienen pérdidas como consecuencia. Estas industrias, a lo largo del tiempo han buscado soluciones bastante viables, tales como implementar plantas de generación eléctrica alimentadas con combustible, en las cuales, el combustible usualmente usado es el ACPM, pero estas soluciones no son suficientes para algunos procesos, en los cuales no se admiten interrupciones de energía eléctrica por mínimas que sean, ya que reinician completamente el proceso, generando millonarias pérdidas en materias primas, insumos de aseo, mano de obra, entre otras.

Con este proyecto se busca diseñar un sistema de almacenamiento ininterrumpida a través de la caracterización de los equipos de ultra-alta temperatura para garantizar la continuidad del proceso de Ultra High Temperature (UHT, por sus siglas en inglés), en Colanta, Planeta Rica, Córdoba, Colombia. Para este diseño, se tendrá en cuenta el cálculo de la carga de potencia requerida de cada una de las máquinas y equipos necesarios para llevar a cabo este proceso. También se tendrá en cuenta de manera independiente el cálculo de una carga de potencia requerida para equipos que permiten la generación de vapor y los demás servicios necesarios en este proceso. Estas dos cargas corresponderán



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



a las potencias que necesitarán dos fuentes de alimentación interrumpible (UPS, por sus siglas en inglés), independientes, que permitirán la continuidad del proceso de UHT cuando el fluido eléctrico presente intermitencias y/o fluctuaciones en el suministro. Este dispositivo conocido como UPS, permite suministrar a los equipos la energía necesaria cuando se generen las interrupciones en el suministro de energía eléctrica de la red pública. Dentro de este diseño se estudiará el espacio, montaje y la distribución necesaria para implementar este sistema, también se realizará un análisis de viabilidad de su implementación, para lo cual se estudiarán los sobre costos de las pérdidas monetarias que se generan para Colanta, teniendo en cuenta las fallas registradas en el sistema de gestión de mantenimiento de esta entidad y por último se estudiarán los beneficios con la implementación del sistema anteriormente mencionado. Con todo lo indicado se buscará proponer una solución a la problemática que se presenta, la cual abarca la caída del proceso de Ultra High Temperature (en español, ultra alta temperatura), debido a las fallas en la red de suministro eléctrico público. (Julián, 2017)



## **2 PLATAFORMA ESTRATÉGICA DE LA EMPRESA**

Colanta es una Cooperativa con liderazgo en el sector agroindustrial que busca el bienestar de sus asociados tanto trabajadores, como productores, así como también el bienestar de todos sus consumidores, con base en valores y principios promoviendo el desarrollo sostenible para construir un mejor país. A futuro Colanta busca seguir proyectándose como una Cooperativa líder en la transformación y comercialización de la leche producida en el Campo Colombiano, además de buscar el incremento de la producción en el sector lácteo, también busca incrementarla en los sectores cárnicos y agropecuario (Cooperativa Colanta, 2021)

La Cooperativa COLANTA tiene políticas orientadas al mejoramiento continuo de los procesos y la prevención de las circunstancias que puedan poner en peligro la calidad e inocuidad de sus productos, el medio ambiente, y la salud de los asociados tanto trabajadores, como productores y sus consumidores. Para esto hace uso de la promoción y protección de la salud mediante la identificación de riesgos laborales y demás riesgos asociados a la parte operativa. Debido a que COLANTA es una cooperativa tiene como objetivo fundamental no solo generar ganancias a ella misma sino también ganancias a los asociados, esto con el fin de que estos tengan una mejor calidad de vida (Cooperativa Colanta, 2021)

Conforme a lo anterior, COLANTA en cuanto a su misión y visión, plasma un común denominador que se resume en la mejora continua, ya que al buscar el progreso de los asociados y de los consumidores, la contribución al progreso del país, tener una proyección global y desarrollar actividades sostenibles, implican de una evolución y un crecimiento continuo, donde sin lugar a duda la manera que se administren los proyectos en la organización, permitirán que esa mejora continua se lleve a cabo. (Chávez, 2019)

COLANTA tuvo su inicio el 19 de abril de 1964 en el norte de Antioquia, exactamente en el municipio de Donmatías, cuando 60 campesinos productores de leche se reunieron y se asociaron debido a que no tenían alternativas para producir cultivos como consecuencia de la explotación minera de oro. En 1972 se presentó el primer proyecto para montar la planta procesadora de leche, pero se carecía de recursos, esta industria comenzó produciendo un total de 3000 litros diarios. Luego de eso se nombró en el año 1973 como



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



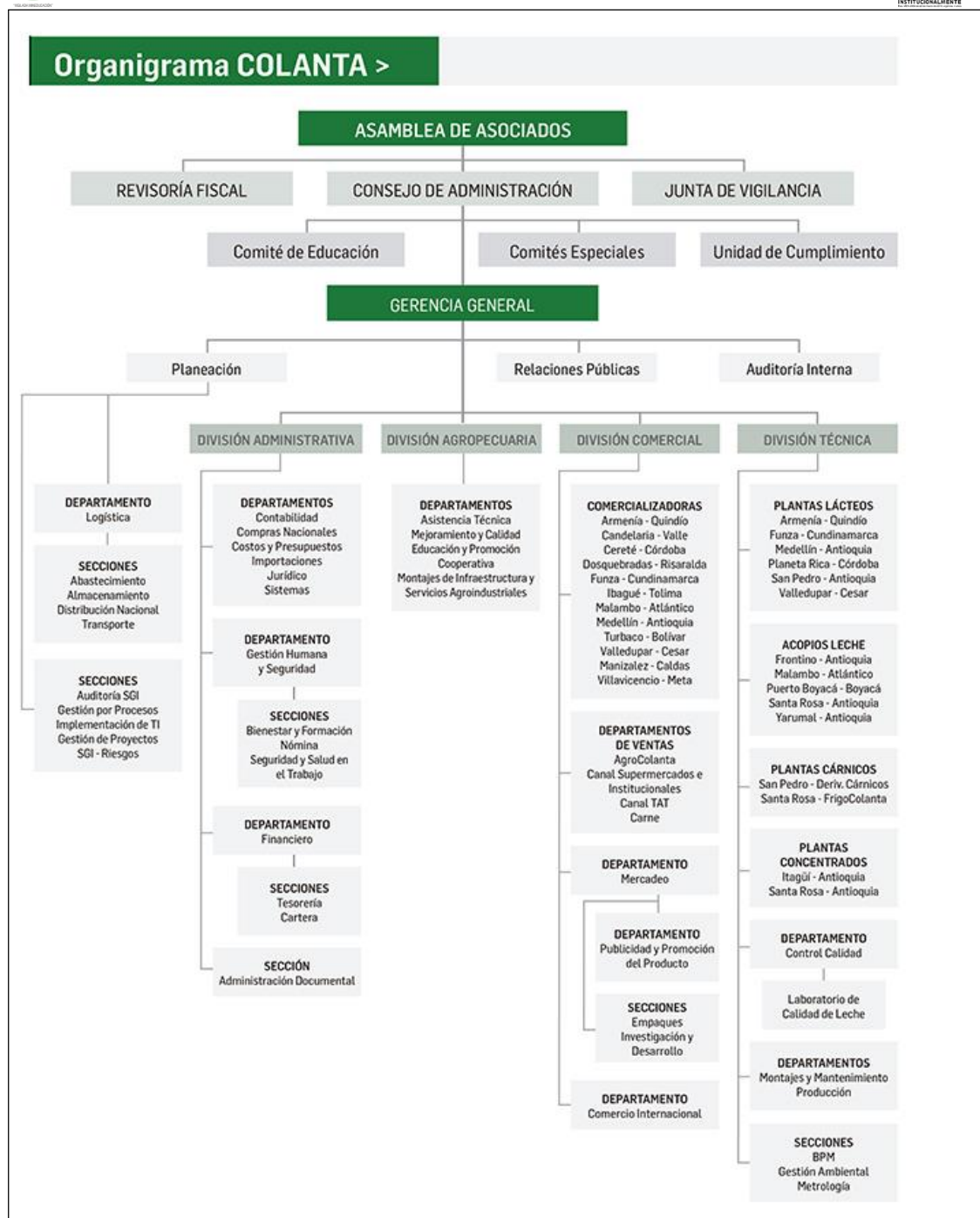
gerente al Médico Veterinario y Zootecnista Jenaro Pérez Gutiérrez, quien colocó las siglas de COLANTA (Cooperativa Lechera de Antioquia) y gestionó créditos que permitieran impulsar el desarrollo de esta industria. Desde ese entonces a medida que Colanta fue creciendo los campesinos ya vendían toda su producción de leche y esto les ayudó a mejorar drásticamente su calidad de vida. Hoy en día, Colanta se ubica en el primer eslabón del cooperativismo colombiano. (Cooperativa Colanta, 2021)

La planta de producción de Colanta que se encuentra ubicada en el municipio de Planeta Rica, Córdoba, cuenta con un área de Ultra-alta temperatura donde se produce la leche de larga vida, otra destinada a la producción de leche en polvo, leche pasteurizada, Tampico y mantequilla, con las cuales es líder a nivel nacional e internacional debido a que constantemente exporta productos a otros países.

Como se puede observar en el **Diagrama 1**, COLANTA cuenta con una estructura interna con varios niveles organizados de manera jerárquica, la cual es funcional y está compuesta inicialmente por la máxima representación conformada por la Asamblea de Asociados, en esta se encuentran, asociados productores o trabajadores de COLANTA, debido a que esta es una cooperativa. Luego continúan la Revisoría Fiscal, el Consejo de Administración y la Junta de Vigilancia, seguidamente en el orden jerárquico encontramos a el Comité de Educación, la Unidad de Cumplimiento y los Comités Especiales. En esta orden se encuentra la Gerencia general, bajo la dirección del cual se encuentran cuatro divisiones Planeación, Relaciones Públicas, Divisiones y Auditoría interna. Planeación está conformada por el departamento de logística, y Divisiones está constituida por cuatro categorías, las cuales estas compuestas por el área administrativa, agropecuaria, comercial y técnica. Todas estas cuatro categorías se encuentran distribuidas a nivel nacional y están formadas por la mayor parte de los asociados trabajadores vinculados a esta empresa. (Avendaño, 2020)



# UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**Diagrama 1.** Estructura organizacional de Colanta. (Chávez, 2019)



### **3 MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL**

#### **3.1 POTENCIA ELÉCTRICA**

A menos que esté en un superconductor, una carga que se mueva por un circuito emite energía. Esa energía puede hacer que el circuito se caliente, o que haga girar un motor. La rapidez con la que la energía eléctrica se convierte en otra forma, como energía mecánica, calor o luz, se llama potencia eléctrica, la cual es igual al producto de la corriente por el voltaje (Hewitt, 2007):

#### **3.2 POTENCIA ELÉCTRICA EN SISTEMAS TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA**

La **Ecuación 2**, permite calcular la potencia activa de un sistema trifásico en función de sus tensiones y corrientes de línea y que es válida siempre, tanto cuando las fases están conectadas en estrella como cuando lo están en triángulo: (Rodríguez, 2021)

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \varphi \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

P: Potencia: Watts(W)

I: Corriente: Amperes(A)

V: Voltaje: Volts(V)

$\varphi$ : Angulo de fase entre líneas.

#### **3.3 LAVADO CIP (CLEANING IN PLACE)**

Es un Sistema de lavado donde se hacen circular mezclas de fluidos con concentraciones de ciertas sustancias con el fin de que se lleve a cabo una limpieza interna, y para remover proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales, restos orgánicos y otros, debido a que estos sirven de base para el crecimiento bacteriológico y precursores de biocorrosión en los equipos de producción alimenticia. (Ili, 2010)



### **3.4 ULTRA-ALTA TEMPERATURA**

Es un tratamiento térmico que consiste en elevar la temperatura de la leche mediante un intercambiador de calor o serpentín, dentro de un intervalo de temperatura que se comprende entre los 135 a 140°C, durante un periodo de tiempo comprendido entre los 2 a 4 segundos, seguidamente enfriando esta de manera inmediata, así como también realizando un envasado aséptico y con barreras de luz y oxígeno, esto con el fin de eliminar las bacterias resistentes al calor presentes en la leche y con lo cual se aumenta su tiempo de vida. Es importante resaltar que al llevar a cabo este proceso no se altera la carga nutritiva de la leche y esta puede ser distribuida sin inconvenientes a temperatura ambiente luego de que se le hace este proceso (Forero, 2012)

### **3.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA**

Por sus siglas en ingles ups (uninterruptible power supplies), es un sistema de almacenamiento de energía eléctrica que tiene la función de mantener esta energía con el fin de suministrarla a los equipos donde sea necesaria cada vez que se presenta un fallo debido a alguna anomalía en la red eléctrica, de tal manera que estos equipos se mantengan en constante funcionamiento y evitando así que se presenten interrupciones en los procesos o pérdidas de datos importantes. Adicionalmente funciona como un filtro debido a que protege a los equipos de sobretensiones o bajadas de tensiones repentinas (Montalbán , 2021)

### **3.6 ESTERILIDAD COMERCIAL DE EQUIPOS Y DE ENVASES PARA EL PROCESAMIENTO Y ENVASADO ASÉPTICO DE ALIMENTOS**

Es la condición que se alcanza al momento en que se le aplica calor, esterilizante(s) químico(s), u otro tratamiento apropiado a los alimentos, con el objetivo de eliminar los microorganismos capaces de reproducirse en condiciones normales de almacenamiento y distribución, no refrigerada. Esto en la industria de los lácteos se utiliza para incrementar la vida útil del producto y lograr que se conserve por más tiempo. (Resolución 2195, 2010)



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



### 3.7 VALOR PRESENTE NETO(VPN)

El valor presente significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente, sirve para determinar si es conveniente invertir en un proyecto una vez dadas unas expectativas de inversión. Se calcula de la siguiente manera: (Baca, 2010)

$$VPN = -P + \frac{FNE}{(1+i)^1} + \frac{FNE}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE}{(1+i)^n} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

FNE=: Flujo neto efectivo del año n

P= Inversión en el año cero

i=tasa de referencia que corresponde a la TMAR

### 3.8 TASA INTERNA DE RENDIMIENTO

TIR es la tasa de descuento que hace que la suma de los flujos descontados sea igual a la inversión inicial. Establece que la tasa de ganancia es aquella en la cual la suma de las ganancias luego de la inversión inicial es igual a esta inversión inicial. Se calcula mediante la siguiente fórmula: (Baca, 2010)

$$VPN = -P + \frac{FNE}{(1+i)^1} + \frac{FNE}{(1+i)^2} + \frac{FNE}{(1+i)^3} + \frac{FNE}{(1+i)^4} + \frac{FNE}{(1+i)^4} = 0 \quad \text{Ecuación 3}$$



#### **4 DIAGNÓSTICO ESPECÍFICO DE LA EMPRESA**

El área de Ultra Alta Temperatura de La Cooperativa Colanta ubicada en el municipio de Planeta Rica, Córdoba, actualmente cuenta con un problema que afecta de manera considerable y directa el proceso de producción de leche ultra pasteurizada. Este problema tiene relación con las fallas en el suministro eléctrico público, debido a que cada vez que se presenta una falla, se interrumpe totalmente el proceso de UHT, siendo esto una fuente de pérdidas monetarias para Colanta. Actualmente no se ha implementado ningún tipo de mejora o alternativa que permita reducir o eliminar por completo esta vulnerabilidad en el proceso. Las fallas en la red de energía eléctrica, son muy frecuentes en esta región del territorio colombiano, así está registrado en las bitácoras eléctricas de Colanta. El proceso de UHT, es un proceso muy estricto en cuanto a los requerimientos de vapor, aire comprimido y vapor, por esta razón no es suficiente con fijarse en los equipos correspondientes a el área de UHT sino también fijarse en los equipos que se encargan de la generación y el suministro de todos los servicios mencionados anteriormente, debido a que estos son críticos en este proceso y la falta de uno significaría la paralización total del proceso.

Con este proyecto se busca plantear una alternativa que, al implementarse, permita la continuidad del proceso UHT, es decir, que no se presenten interrupciones en el proceso, cuando se presenten fallas en el suministro de energía eléctrica de la red pública. Debido a que es un sistema que mantiene los equipos en funcionamiento durante la falla eléctrica, y durante el tiempo requerido hasta que se active el sistema de generación de energía eléctrica mediante plantas generadoras de electricidad que funcionan a base de combustible.



## **5 ACTIVIDADES DESARROLLADAS**

### **5.1 CÁLCULO DE LA CARGA REQUERIDA DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA.**

#### **5.1.1 CÁLCULO DE LA CARGA DE LA UPS TENIENDO EN CUENTA EL CONSUMO REAL DE LOS EQUIPOS PERTENECIENTES AL ÁREA DE GENERACIÓN DE VAPOR Y ÁREA DE SERVICIOS.**

El área de generación de vapor es un área en la cual se encuentran ubicadas dos calderas, una de 500 bhp y otra de 600 bhp, las cuales son las que se encargan de suministrar el flujo de vapor necesario en todos los procesos que necesiten de este servicio para llevar a cabo el proceso de producción y conversión de la materia prima en Colanta, Planeta Rica, Córdoba, entre estos procesos el de ultra-pasterización.

Las calderas con las que cuenta la Cooperativa Colanta están conformadas con los siguientes equipos asociados, según la plataforma SIMAF:

- Bomba ACPM
- Chimenea caldera
- Bomba transferencia ACPM caldera
- Compresor aire 1 caldera
- Compresor aire 2 caldera
- Tablero control modulación caldera
- Motor bomba transferencia ACPM caldera
- Motor bomba ACPM caldera
- Motor compresores aire caldera
- Motor ventilador caldera
- Tanque de combustible diario de caldera
- Tanque suavizador caldera
- Tablero de control tc-18 caldera

Dentro de los equipos anteriormente mencionados se encuentran algunos que no necesitan consumo de energía eléctrica para llevar a cabo la función que ellos cumplen dentro del proceso de generación de vapor o no generan fallas durante el proceso. Las calderas pertenecientes a el área anteriormente mencionada cuentan con un sistema que permite la generación de vapor por medio de dos combustibles, uno de ellos es el ACPM y otro es el



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



gas natural, en esta situación en Colanta se lleva a cabo este proceso usando como combustible el gas natural, el cual es suministrado por medio de la red pública. No se tendrán en cuenta los equipos que utilizan ACPM debido a que a estos no se les da uso.

En este caso para determinar la capacidad del equipo UPS que va a proteger de las interrupciones y/o fluctuaciones eléctricas a los equipos del área de generación de vapor tenemos que tener en cuenta el consumo eléctrico de los equipos con los que cuenta la caldera para llevar a cabo este proceso y los equipos que pertenecen a el área de servicios que alimentan el proceso de UHT, los cuales son: una bomba de agua de alimentación de la caldera, un ventilador quemador, el tablero de control de la caldera, una bomba de agua potable para alimentar el proceso de UHT y un compresor de aire, los cuales se identificaron teniendo en cuenta la opinión, el criterio y la experiencia del técnico el cual tiene asignado este equipo para realizarles sus mantenimientos y garantizar su buen funcionamiento, se investigó también con los operadores de servicio para determinar los equipos de esta área, que alimentan el proceso de ultra-pasteurización.

Debido a esto se procedieron a hacer mediciones de los valores reales bajo carga de la bomba de agua de condensado, motor quemador, bomba de agua potable, compresor de aire para los cuales se obtuvieron voltajes de 442 V, 443 V y 445 V. (ver anexo **Figura 5**)

A continuación, para las corrientes de estos equipos se obtuvieron los siguientes datos:

- Bomba de agua de alimentación caldera (**Figura 13**): 24, 26, 27 Amperios (ver anexo **Figura 6**)
- Motor quemador, ventilador (**Figura 12**): 15, 16, 17 Amperios (ver anexo **Figura 7**)
- Bomba agua potable (Ver **Figura 14**): 21.7, 18.4, 21.8 Amperios (ver anexo **Figura 8**)
- La bomba de agua potable se encuentra en un lugar distinto a el área de generación de vapor, por esta razón se decidió medir con el fin de verificar con exactitud el voltaje de este equipo. (ver anexo **Figura 9**)



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



- Compresor de aire (ver **Figura 15**):
  - Voltaje: Debido a que este compresor de aire se encontraba en un área distinta a los equipos donde se había tomado mediciones con anterioridad se procedió a realizar estas mediciones de voltaje, y por ello se obtuvieron los siguientes valores: 442, 438, 441 V. (ver anexo **Figura 10**)
  - Corriente: 45.4, 45.3, 30.2 A (ver anexo **Figura 11**)

En cuanto a las mediciones que mostraron con anterioridad se trabajará con los valores promedios de estos datos:

- Voltaje: 443 V
- Bomba de agua de condensado de alimentación caldera: 26 Amperios
- Motor quemador-ventilador: 16 Amperios
- Bomba agua potable: 21 Amperios
- Compresor de aire: Corriente: 35 Amperios

A pesar de haber realizado las mediciones de voltaje, se harán los cálculos siendo conservadores, por lo tanto, se considerará un voltaje general de 460 V. Una vez obtenidos estos valores se procederá a calcular la potencia de entrada requerida para cada uno de esto, estos cálculos se realizarán haciendo uso de **Ecuación 2**, en la cual el término  $\cos \varphi$ , se considerará con un valor de 1. Cada uno de estos cálculos se muestra a continuación:

- Potencia de Bomba de agua de condensado de alimentación caldera:  $\sqrt{3} * 460 \text{ V} * 26 \text{ A} = 20715,33 \text{ VA}$
- Potencia de Motor ventilador-quemador:  $\sqrt{3} * 460 \text{ V} * 16 \text{ A} = 12747,89 \text{ VA}$
- Potencia de Bomba agua potable:  $\sqrt{3} * 460 \text{ V} * 21 \text{ A} = 16731,61 \text{ VA}$
- Potencia de Compresor de aire:  $\sqrt{3} * 460 \text{ V} * 35 \text{ A} = 27886,02 \text{ VA}$

Una vez realizado el cálculo anterior la carga del equipo UPS debe ser la suma de las potencias de entrada de los equipos a los cuales esta va a proteger de interrupciones y/o fluctuaciones de fluido eléctrico o picos de voltaje. Es de gran importancia mencionar que teniendo en cuenta la opinión de los operadores de servicio y las personas que conocen este proceso, se determinó que el servicio de generación frío no se requiere de manera crítica en este proceso, cuando se presenta una fluctuación y/o interrupción del fluido eléctrico, debido a que este se mantienen en el tiempo con la suficiente capacidad para



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



suministrar al proceso de UHT, desde el momento de la falla hasta que se reactiva nuevamente el fluido ya sea por medio del uso de plantas de generación eléctrica, por medio de combustible o el servicio de suministro eléctrico público. De esta manera tenemos:

**Potencia requerida**= Potencia de Bomba de agua de condensado de alimentación caldera:  
+P Motor quemador-ventilador + P Bomba de agua de potable + P compresor de aire

$$\text{Potencia requerida} = 20715,33 \text{ VA} + 12747,89 \text{ VA} + 16731,61 \text{ VA} + 27886,02 \text{ VA} \\ = 78,081 \text{ kVA}$$

En la **Tabla 1**, se muestra un resumen de los valores del consumo real de los equipos anteriormente descritos, que pertenecen a la zona de generación de vapor.

**Tabla 1.** Consumo real de los equipos pertenecientes al área de generación de vapor, aire comprimido y agua potable. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| Salón Generación Vapor calderas y servicios |                    |               |             |                |
|---------------------------------------------|--------------------|---------------|-------------|----------------|
| Equipo                                      | Factor (Trifásico) | Corriente (A) | Voltaje (V) | Potencia (kVA) |
| Bomba de agua de condensado de alimentación | 1,73               | 26            | 460         | 20,72          |
| Motor ventilador caldera 600 bhp            | 1,73               | 16            | 460         | 12,75          |
| Motor bomba de agua potable                 | 1,73               | 21            | 460         | 16,73          |
| Compresor aire                              | 1,73               | 35            | 460         | 27,89          |
|                                             |                    |               | TOTAL       | 78,08          |



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



### 5.1.2 CÁLCULO DE LA CARGA DE LA UPS PERTENECIENTE AL ÁREA DE GENERACIÓN DE VAPOR TENIENDO EN CUENTA LA POTENCIA NOMINAL DE LOS EQUIPOS OBTENIDA EN LA PLACA DE ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO O EN EL CATÁLOGO DEL FABRICANTE.

A continuación, con ayuda de la plataforma para mantenimiento de La Cooperativa Colanta, se muestra una tabla con un listado de equipos que están asociados al área de generación de vapor, en esta tabla se muestran las potencias nominales de entrada de cada equipo, las cuales fueron investigadas en catálogos de fabricantes o en la placa de especificaciones de cada uno de estos. También se deben tener en cuenta los otros servicios que se necesitan para llevar a cabo el proceso de producción en el área de UHT, en el cual se necesita aire comprimido, agua potable y agua fría, para garantizar el funcionamiento de estos equipos cuando se presenten interrupciones y/o fluctuaciones en el fluido eléctrico. Por lo tanto, se procederá a calcular la carga necesaria para incluir los equipos que realizan esta tarea.

**Tabla 2.** Potencias nominales de equipos pertenecientes al área de generación de vapor, aire comprimido y agua potable. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| Equipo                                                  | Potencia |         |
|---------------------------------------------------------|----------|---------|
| Motor ventilador caldera 600 bhp                        | 13,42 kW | 18 HP   |
| Motor bomba dosificadora químicos distribuidor de vapor | 0,126 kW | 0,17 HP |
| Tablero control modulación caldera 600 bhp              | 0,66 kW  | 0,9 HP  |
| Compresor aire caldera 600 bhp                          | 4,62 kW  | 6,2 HP  |
| Motor compresores aire caldera 600 bhp                  | 4.8 kW   | 6,44 HP |



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



Continuación de la **Tabla 2** Potencias nominales de equipos pertenecientes al área de generación de vapor, aire comprimido y agua potable. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo

| Equipo                             | Potencia |         |
|------------------------------------|----------|---------|
|                                    |          |         |
| Motor bomba alimentación 1 caldera | 11,19 kW | 15 HP   |
| Motor bomba condensado 79°C        | 4,5 kW   | 6,04 HP |
| Motor Bomba stock caldera          | 13,42 kW | 18 HP   |
| Bomba agua potable                 | 18,5 kW  | 25 HP   |
| Compresor de aire 1                | 22,4 kW  | 30 HP   |

Una vez estudiado el proceso de generación de vapor se concluyó que el tanque que almacena el agua de condensado que alimenta la caldera, tiene la suficiente capacidad para realizar en promedio tres descargas continuas antes de ser alimentado con este contenido nuevamente. Sin embargo, siendo conservadores con el cálculo de la capacidad del equipo UPS y con el fin de reducir la probabilidad de que se produzca una falla en el proceso de generación de vapor debido a la ausencia de agua de alimentación, se toma a consideración esta bomba al momento de protegerla con este sistema de alimentación de energía ininterrumpida. Los demás equipos que se encuentran en la **Tabla 2**, hacen parte del proceso de generación de vapor, pero no generan fallas considerables en este, teniendo en cuenta que hablamos de lapsos de interrupciones de energías cortas, en los cuales el operador de servicio encargado puede realizar la activación de estos sistemas sin generar fallas en este proceso, pero haciendo la aclaración de que a pesar de que estos lapsos de cortes en la energía eléctrica proveniente del suministro público sean cortos, son suficientes para que se interrumpa todo el proceso en caso de que algunos equipos se detengan, necesitando de un periodo de tiempo donde se pueda retomar la generación de vapor, en el cual el proceso de producción de leche ultra-pasteurizada queda totalmente interrumpido.

Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, sería necesario que el sistema de alimentación ininterrumpida que protegerá el proceso de generación de vapor y los equipos



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



del área de servicios de fallas eléctricas tenga capacidad para soportar el motor ventilador caldera, el tablero control modulación caldera, el motor bomba stock caldera, la bomba de agua potable y el compresor de aire. Estos equipos teniendo en cuenta la información suministrada por la plataforma para gestión de mantenimiento, en la cual se encuentran las fichas de los activos con sus características correspondientes, estas se muestran en la tabla anterior y para los equipos que estamos considerando son las que se muestran a continuación:

**Tabla 3.** Carga nominal de los equipos pertenecientes al área de generación de vapor y servicios determinada mediante catálogos y placas de especificaciones de los equipos.

Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| Salón Generación Vapor calderas y servicios                |                   |       |
|------------------------------------------------------------|-------------------|-------|
| Equipo                                                     | Potencia (kW -HP) |       |
| Motor ventilador caldera 600 bhp (ver <b>Figura 12</b> )   | 13,42             | 18,00 |
| Tablero control modulación caldera 600 bhp                 | 0,66              | 0,90  |
| Motor bomba alimentación 1 caldera (ver <b>Figura 13</b> ) | 15,00             | 20,00 |
| Motor bomba potable (ver <b>Figura 14</b> )                | 18,50             | 25,00 |
| Compresor de aire (ver <b>Figura 15</b> )                  | 22,40             | 30,00 |
| Total                                                      | 69,98             | 93,90 |

Por lo tanto:

**Potencia requerida**= P motor ventilador caldera + P tablero control modulación + P motor bomba stock caldera + P bomba agua potable + P compresor de aire 1

$$\text{Potencia requerida} = 13,42 \text{ kW} + 0,66 \text{ kW} + 15 \text{ kW} + 18,5 \text{ kW} + 22,4 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia requerida} = 70 \text{ kW}$$

Una vez analizado lo anterior, se tomará en consideración una carga total entre el rango de 80 a 120 kVA para la capacidad de este sistema de alimentación de energía ininterrumpida correspondiente a los equipos pertenecientes al área de generación de vapor y los demás servicios necesarios para llevar a cabo el proceso de UHT.



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



### 5.1.3 CÁLCULO DE LA CARGA DE LA UPS PERTENECIENTE AL ÁREA DE ULTRA ALTA TEMPERATURA TENIENDO EN CUENTA LA POTENCIA NOMINAL OBTENIDA EN LA PLACA DE ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO Y/O EL CONSUMO REAL.

En esta área se encuentran una serie de máquinas que permiten llevar a cabo el proceso de ultra alta temperatura y para este cálculo solo se tendrán en cuenta los equipos que cuentan con un papel crítico dentro del proceso y se realizará teniendo en cuenta la potencia nominal determinada en la placa de especificaciones de los equipos o en el catálogo de fabricante de estos. También para los equipos que sea posible, se determinará la potencia mediante la medición directa con el instrumento de medición adecuado. A continuación, se muestra un listado de todos los equipos pertenecientes al área de UHT:

- Homogenizador proceso UHT
- Motor Homogenizador proceso UHT
- Bomba hidráulica Homogenizador proceso UHT
- Motor bomba hidráulica Homogenizador UHT
- Motor Bomba de aceite cárter Homogenizador UHT
- Ultrapasterizador proceso UHT
- Bomba Booster Ultrapasterizador de leche UHT
- Motor bomba Booster Ultrapasterizador de leche UHT
- Bomba agua caliente Ultrapasterizador de leche UHT
- Motor bomba agua caliente Ultrapasterizador de leche UHT
- Motor bomba producto Ultrapasterizador de leche UHT
- Bomba dosificadora de ácido P8 Ultrapasterizador UHT
- Bomba dosificadora de soda P7 Ultrapasterizador UHT
- Llenadora Aséptica de leche UHT
- ESA Llenadora Aséptica de leche UHT
- Encintadora de cajas 1 UHT
- Encintadora de cajas 2 UHT
- Transportador EQ-1
- Transportador EQ-1



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



- Transportador EQ-2
- Transportador EQ-3
- Transportador EQ-4
- Bomba tanque para Rotura bodega de Cuarentena Leche UHT
- Plataforma Hidráulica 1 Bodega de Cuarentena Leche UHT
- Plataforma Hidráulica 2 Bodega de Cuarentena Leche UHT
- Motor Tanque Para Rotura Bodega De Cuarentena Leche Uht
- Tablero De Control (Contactores Y Térmicos) Uht
- Bomba Alimentación De Producto Uht
- Encajonador Automático
- Tablero Td- 4 Motores 220 V
- Transformador 30 kVA, 440 V-380 V, Alimentación Maquina Elecster
- Transformador 440 V, Servicios Auxiliares Uht.
- Bomba Producto Ultrapasterizador De Leche Uht

De los equipos antes mencionados se tendrán en cuenta los siguientes equipos:

- Homogenizador proceso UHT (Ver anexo **Figura 16**)
- Ultrapasterizador-Esterilizador (Ver anexo **Figura 17**)
- Encintadora de cajas UHT (Ver anexo **Figura 18**)
- Motor 1-Arrastre (Ver anexo **Figura 19**)
- Motor 2-Balancin (Ver anexo **Figura 20**)
- Bomba Esa llenadora (Ver anexo **Figura 21**)
- Transportador de banda (Ver anexo **Figura 22**)
- Plataforma hidráulica (Ver anexo **Figura 23**)

Para el cálculo de la capacidad del sistema de alimentación ininterrumpida que protegerá los equipos pertenecientes al área de UHT, se tendrá en cuenta la potencia nominal que se encuentra en las placas de especificaciones o en los catálogos suministrados por los fabricantes, estos se muestran a continuación en la **Tabla 4**.



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**Tabla 4** Consumo eléctrico determinado mediante las cargas nominales de los equipos encontradas en los catálogos y placas de especificaciones de cada referencia. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| Equipo                          | Cantidad | Potencia por equipo (kW) | Potencia Total (kW) |
|---------------------------------|----------|--------------------------|---------------------|
| Homogenizador proceso UHT       | 1        | 65                       | 65                  |
| Ultrapasterizador-Esterilizador | 1        | 67,5                     | 67,5                |
| Motor 1-Arrastre                | 3        | 0,671                    | 2,013               |
| Motor 2-Balancin                | 3        | 0,43                     | 1,29                |
| Bomba Esa llenadora             | 1        | 1,5                      | 1,5                 |
| Encintadora de cajas UHT        | 2        | 0,6                      | 1,2                 |
| Plataforma hidráulica           | 2        | 2,2                      | 4,4                 |
| Transportador de banda          | 3        | 0,77                     | 2,31                |
| TOTAL                           |          |                          | 145,213             |

Como se puede observar en la **Tabla 4**, se encuentra la potencia nominal de cada equipo, esta se determinó en algunos casos mediante el catálogo de los fabricantes y en otro teniendo en cuenta la placa de especificaciones presente en cada uno de los equipos. En esta tabla también se muestra la cantidad de equipos presentes en el área de UHT, por lo tanto, se procedió a calcular la potencia nominal total de cada tipo de equipo, teniendo en cuenta que en algunos casos hay más de una unidad del mismo equipo, luego de esto se procedió a hacer la sumatoria de las potencias y se calculó la potencia nominal total.

Para el cálculo de la carga de esta UPS perteneciente a los equipos de aérea de UHT, se tendrán en cuenta las potencias nominales presentes en los catálogos de los fabricantes, fichas técnicas y placas de especificaciones, debido a que no se obtuvieron las mediciones de los consumos totales de todos los equipos. Por lo tanto, se tomará en consideración una carga total de 120 kVA para la capacidad de este sistema de alimentación de energía ininterrumpida correspondiente a los equipos pertenecientes al área de UHT.



## **5.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA DISEÑADO PARA GARANTIZAR LA CONTINUIDAD DEL PROCESO DE ULTRA PASTEURIZACIÓN, CON BASE EN LOS SOBRECOSTOS CAUSADOS POR LAS INTERRUPCIONES.**

En esta sección se realizará un análisis de viabilidad con el fin de determinar si la implementación del sistema UPS tiene un impacto o sentido positivo. Esto se realizará haciendo este análisis principalmente desde el punto de vista económico y a continuación se tendrán en cuenta los diferentes aspectos que afectan, se relacionan o influyen en la falta de producción del proceso de Ultra Alta Temperatura cada vez que se generan fallas en el fluido eléctrico, causando que haya una detención en dicho proceso. Cuando se generan estas interrupciones, se detiene todo el proceso de UHT, y antes de iniciarlo nuevamente, se requiere hacer un proceso de limpieza interno en los equipos, llamado por sus siglas en inglés como CIP (Cleaning in Place), y el cual, por los estrictos requerimientos asépticos propios de este proceso, tarda un periodo de tiempo correspondiente a 5,5 horas, antes de poder reiniciar el proceso. Por la anterior razón, en el proceso de ultra-alta temperatura, una vez se presentan estas interrupciones es necesario realizar un CIP, este proceso hace que se generen sobrecostos al momento de las interrupciones de fluido eléctrico debido a que es un proceso adicional que requiere de insumos de aseo, tiempo, mano de obra, energía eléctrica, agua potable y otros aspectos, para que se pueda llevar a cabo. Este y otros aspectos se analizarán a continuación con el fin de hacer una estimación:

### **5.2.1 MANO DE OBRA**

En esta categoría se tendrá en cuenta todo el personal que luego de una interrupción se ve obligado a cesar las actividades que normalmente le son asignadas dentro de la planta. Este grupo cuenta con un total de 16 empleados de la Cooperativa Colanta, por cada turno laboral correspondiente a 8 horas diarias, entre los cuales se encuentran operadores de los diferentes equipos, trabajadores pertenecientes al área de empaclado, así como otros pertenecientes al área donde se almacena todo el producto terminado del proceso de UHT y los supervisores encargados. El costo en mano de obra se estimó en un valor de \$ 88.512



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



por cada hora que tarde la falla, y como se mencionó en la sección anterior, cada interrupción en este proceso, requiere de un total de 5,5 horas. A continuación, se realizará la operación con el fin de obtener el valor total en mano de obra por cada fallo que se presente.

$$\begin{aligned} \text{Costo de mano de obra} &= 88.512 \frac{\$}{h} * 5,5 h \\ &= \$ 486.816 \end{aligned}$$

### 5.2.2 ENERGÍA ELÉCTRICA

En los sobrecostos por energía eléctrica se tuvieron en cuenta principalmente el consumo eléctrico de los equipos o máquinas que funcionan durante el proceso adicional de CIP, que se realiza cada vez que se genera un paro en el proceso de UHT cuando se producen fallos en el fluido eléctrico, dentro de este sobrecosto e incluyeron el cálculo algunas bombas de agua potable, de soda caustica, de ácido nítrico; también un Homogenizador, un esterilizador, una envasadora de leche. Estos equipos consumen energía eléctrica durante un CIP debido a que esto es necesario durante estos procesos de limpieza. A continuación, se especificarán los consumos nominales de cada equipo, así como también el periodo de tiempo que estos funcionan durante esta tarea:

#### 5.2.2.1 Esterilizador ELECSTER

En la Tabla 5 se muestran los datos técnicos de este equipo (ver anexo Figura 17), entre estos datos notamos que tiene un consumo eléctrico de 90 kVA y considerando un factor de potencia de 0,9 se obtiene un consumo eléctrico por hora de 81 kWh, en esta tabla también observamos que el tiempo del lavado es de 2,3h y el costo unitario de energía eléctrica en kW/h es de 406,51 \$/h (ver en anexo **Figura 24**). A continuación, se mostrará la operación utilizada para llevar a cabo el cálculo del consumo de este equipo:

$$\begin{aligned} \text{Costo electrico esterilizador} &= 81 kWh * 406,51 \frac{\$}{kWh} \\ &= 32.927,31 \frac{\$}{h} * 2,3 h = \$ 75.733 \end{aligned}$$



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**Tabla 5** Calculo del consumo eléctrico del esterilizador Elecster del área de UHT.

Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| ESTELIRIZADOR ELECSTER                   |              |        |
|------------------------------------------|--------------|--------|
| CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO               | 60           | NI/min |
| CONEXIÓN ELÉCTRICA                       | 90           | kVA    |
| FACTOR DE POTENCIA                       | 0,9          | N/A    |
| COSUMO ELÉCTRICO POR HORA                | 81           | kW/h   |
| COSTO                                    | 406,51       | \$/kWh |
| CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA       | \$ 32.927,31 | \$/h   |
| TIEMPO DE LAVADO                         | 2,3          | h      |
| TOTAL COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA POR LAVADO | \$ 75.733    | \$     |

### 5.2.2.2 HOMOGENEIZADOR DE PROCESO UHT

En la **Tabla 6** se muestran algunos datos técnicos del Homogenizador del proceso de UHT(ver anexo **Figura 16**), entre los cuales, se observa que este tiene una potencia eléctrica de 65 kW y funciona durante un periodo de tiempo correspondiente a 2,3h durante un CIP, con lo que se obtiene un consumo eléctrico de 150 kWh. A continuación, se muestra el cálculo llevado a cabo para obtener este costo eléctrico:

$$\text{Costo electrico esterilizador} = 60 \text{ kW} * 2,3\text{h} * 406,51 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$60.773$$

**Tabla 6.** Cálculo del consumo eléctrico del Homogenizador del proceso de UHT.

Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| HOMOGENEIZADOR               |           |     |
|------------------------------|-----------|-----|
| POTENCIA DEL HOMOGENEIZADOR  | 65        | kW  |
| TIEMPO DE LAVADO             | 2,3       | h   |
| CONSUMO DEL HOMOGENEIZADOR   | 150       | kWh |
| COSTO CONSUMO HOMOGENEIZADOR | \$ 60.773 | \$  |



### 5.2.2.3 EMPACADORAS ASÉPTICAS

En la **Tabla 7**, se muestran los datos técnicos de este equipo (ver anexo **Figura 17**), entre estos datos notamos que tiene un consumo eléctrico de 12 kVA y considerando un factor de potencia de 0,8 se obtiene un consumo eléctrico por hora de 9,6 kWh, en esta tabla también observamos que el tiempo del lavado es de 2,3h y el costo unitario de energía eléctrica en kW/h es de 406,51 \$/h (ver en anexo **Figura 24**). A continuación, se mostrará la operación utilizada para llevar a cabo el cálculo del consumo de este equipo:

$$\begin{aligned} \text{Costo eléctrico empacadoras} &= 9,6 \text{ kW/h} * 406,51 \frac{\$}{\text{kWh}} * 2,3 \text{ h} \\ &= 3.902,50 \frac{\$}{\text{h}} * 2,3 \text{ h} = \$ 8.976 \end{aligned}$$

**Tabla 7.** Cálculo del consumo eléctrico del Homogenizador del proceso de UHT.

Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| EMPACADORAS ASEPTICAS              |          |        |
|------------------------------------|----------|--------|
| CONEXIÓN ELÉCTRICA                 | 12       | kVA    |
| FACTOR DE POTENCIA                 | 0,8      | N/A    |
| CONSUMO ELÉCTRICO POR HORA         | 9,6      | kW/h   |
| COSTO                              | \$ 407   | \$/kWh |
| CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA | \$ 3.902 | \$/h   |
| TIEMPO DE LAVADO                   | 2,3      | h      |
| TOTAL COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA      | \$ 8.976 | \$     |

### 5.2.2.4 BOMBA DE AGUA POTABLE

Para llevar a cabo el proceso de CIP luego de que se produzca un paro a causa de la caída del fluido eléctrico se requiere de agua potable, durante este periodo se bombea agua constantemente a los diferentes equipos, teniendo en cuenta unos ciclos que se muestran en la **Tabla 8**, son un total de 3 ciclos y cada uno cuenta con un determinado periodo de tiempo en específico, en total abarcan un periodo de tiempo de funcionamiento de 0,5 h.

Las características de la bomba que realiza este trabajo se muestran en la



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**Tabla 9**, aquí podemos observar que tiene una potencia igual a 18,5 kW y funciona un tiempo total de 0,5 horas, por lo que su consumo es de 9,1 kWh. A continuación, mostraremos el cálculo realizada para obtener el costo del consumo de esta bomba.

$$\begin{aligned} \text{Costo electrico bomba de agua potable} &= 9,1 \text{ kWh} * 406,51 \frac{\$}{\text{kWh}} \\ &= \$ 3.700 \end{aligned}$$

**Tabla 8** Ciclos de funcionamiento de la bomba de agua potable en un CIP del proceso UHT ( Ver en anexo **Figura 25**). Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| CICLOS DE AGUA POTABLE |        |          |
|------------------------|--------|----------|
| Agua potable           | Minuto | Segundos |
| Ciclo 1                | 5      | 19       |
| Ciclo 2                | 8      | 25       |
| Ciclo 3                | 15     | 47       |
| Total                  | 28     | 91       |
| Total                  | 29,5   | min      |
| Total                  | 0,5    | h        |

**Tabla 9** Calculo del costo del consumo eléctrico y características técnicas de la bomba de agua potable (ver anexo, **Figura 14**). Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| BOMBA AGUA POTABLE              |          |                |
|---------------------------------|----------|----------------|
| Potencia                        | 18,5     | kW             |
| Consumo de la bomba             | 9,1      | kWh            |
| Valor unitario                  | 406,51   | \$/kWh         |
| Costo total de consumo de bomba | \$ 3.700 | N/A            |
| Volumen                         | 22       | m <sup>3</sup> |



### 5.2.2.5 BOMBA DE SODA Y ÁCIDO

El cálculo del consumo eléctrico de las bombas de soda y ácido se determinó usando los volúmenes de estas sustancias necesarias para realizar un CIP, también se usó el caudal de las bombas para determinar el tiempo de funcionamiento de estas, con lo cual se obtuvo un valor de 0,89 h y 0,20 h para soda caustica y ácido nítrico, respectivamente. Los datos técnicos de bomba de soda caustica se muestra en la **Tabla 10**, así como el volumen total consumido por esta sustancia, al igual que en la **Tabla 11**, se muestran los datos para ácido nítrico. Para llevar a cabo el cálculo de los costos eléctricos de estas dos bombas se realizó el mismo procedimiento. Por lo tanto, explicaremos el proceso de este cálculo para la bomba de soda caustica. Inicialmente se determinó un caudal de la bomba de 91 L/h y un consumo de soda caustica durante el CIP de 22 L, con lo que fue posible determinar el tiempo de funcionamiento de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo funcionamiento de bomba de soda} &= \frac{\text{Caudal}}{\text{Consumo de soda}} = \frac{22 \text{ L}}{91 \frac{\text{L}}{\text{h}}} \\ &= 0,24 \text{ h} \end{aligned}$$

Esta bomba tiene una potencia eléctrica de 3,7 kW, por lo tanto, el consumo eléctrico se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Consumo eléctrico} &= 3,7 \text{ kW} * 0,24 \text{ h} \\ &= 0,89 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Al multiplicar el consumo eléctrico por el costo del kWh, obtenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Costo eléctrico bomba soda} &= 0,89 \text{ kWh} = 0,89 \text{ kWh} * 406,51 \frac{\$}{\text{kWh}} \\ &= \$ 363,63 \end{aligned}$$

Realizando el mismo procedimiento para la bomba de ácido nítrico se obtuvo un valor de \$ 297,51, el cual se observa en la **Tabla 11**



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**Tabla 10** Datos técnicos y de consumo de la bomba de soda caustica. Fuente:

Elaboración en equipo de trabajo.

| Bomba dosificadora soda cáustica |           |     |
|----------------------------------|-----------|-----|
| Caudal                           | 91        | L/h |
| Potencia                         | 3,7       | kW  |
| Consumo de soda                  | 22        | L   |
| Tiempo de funcionamiento         | 0,24      | h   |
| consumo eléctrico                | 0,89      | kWh |
| Costo eléctrico                  | \$ 363,63 | N/A |

**Tabla 11** Datos técnicos y de consumo de la bomba de ácido nítrico. Fuente:

Elaboración en equipo de trabajo.

| Bomba dosificadora ácido nítrico |           |     |
|----------------------------------|-----------|-----|
| Caudal                           | 91        | L/h |
| Potencia                         | 3,7       | kW  |
| Consumo de soda                  | 18        | L   |
| Tiempo de funcionamiento         | 0,20      | h   |
| consumo eléctrico                | 0,73      | kWh |
| Costo eléctrico                  | \$ 297,51 | N/A |

### 5.2.3 AGUA POTABLE

Cada vez que se presenta una interrupción en el fluido eléctrico y, por lo tanto, se interrumpe el proceso de UHT, es necesario el uso de agua potable debido al proceso de CIP que es necesario realizar antes de iniciar nuevamente la producción de leche a Ultra Alta Temperatura, durante este proceso se consume un total de 8 m<sup>3</sup> de agua potable, (ver anexo **Figura 26**). Actualmente en Colanta la potabilización de agua tiene un costo de 7124,32  $\frac{\$}{m^3}$  de un CIP: (ver anexo **Tabla 20**)

$$\text{Costo en agua potable}(CIP) = 8 \, m^3 * 7124,32 \frac{\$}{m^3} = \$56.994,56$$



#### 5.2.4 VAPOR

El vapor es uno de los servicios más críticos en el proceso de UHT, debido a que este tratamiento consiste en elevar la temperatura de la leche mediante un intercambiador de calor o serpentín, dentro de un intervalo de temperatura que se comprende entre los 135 a 140°C, durante un periodo de tiempo comprendido entre los 2 a 4 segundos, seguidamente enfriando esta de manera inmediata, esto con el fin de eliminar las bacterias resistentes al calor presentes en la leche antes que se procese y con lo cual se aumenta su tiempo de vida. (Forero, 2012)

En el periodo de tiempo, donde se busca que se alcancen las temperaturas anteriormente descritas, es el vapor el que cumple este importante papel, a través de él se calienta la leche a este punto. Para calcular el costo unitario del vapor, se siguió el siguiente procedimiento:

La caldera funciona a una presión de trabajo de 130 psi:

$$\text{Presión de trabajo} = 130 \text{ psi} = 896 \text{ kPa}$$

Se trabajará considerando una región de trabajo de 900 kPa

Temperatura de agua de alimentación se encuentra en un rango de 75 a 79°C

Se trabajará considerando una temperatura de

$$T_{\text{Agua de alimentación}} = 80^{\circ}\text{C}$$

Entalpía de vapor  $h_g$  se calcula a una presión  $@P_v = 900 \text{ KPa}$  (Ver anexo, **Tabla 21**), de las tablas termodinámicas para vapor, tenemos:

$$h_g = 2773 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

Entalpía de agua de alimentación  $@T = 80^{\circ}\text{C}$  de las tablas termodinámicas para este caso tenemos que:

$$\text{Presión de trabajo} > P_{\text{saturación}}$$

Por lo tanto, se encuentra en un estado de líquido comprimido, en consecuencia, en esta condición las propiedades se pueden aproximar a un estado de líquido saturado en la tabla termodinámica correspondiente, pero buscando a diferentes temperaturas, NO a diferentes presiones.

Por tal motivo para la Entalpía de agua de alimentación @ $T = 80^\circ\text{C}$ , de las tablas termodinámicas (Ver anexo **Tabla 22**), tenemos:

$$h_f = 335,02 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

Así finalmente podremos determinar finalmente el costo de la generación de vapor:

Considerando que:

$$1,05506 \text{ KJ} = 1 \text{ BTU}$$

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$$

Y adicionalmente a eso que el poder calorífico de gas natural es de  $1004,28 \frac{\text{BTU}}{\text{ft}^3}$  (ver anexo **Tabla 23**)

(Oelker, 2010), afirma en su artículo que una de las variables fuertemente relacionadas con el costo de la generación de vapor es el que está asociado al consumo de combustible, y puede ser calculado mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Costo de generacion de vapor} &= \left( \frac{h_g - h_f}{PCS * n} \right) * PC * 100 \\ &= \left( \frac{2773 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} - 335,02 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}}{80 * 1004,28 \frac{\text{BTU}}{\text{ft}^3} * 1,05506 \frac{\text{KJ}}{1 \text{ BTU}} * \frac{1 \text{ ft}^3}{(0,3048)^3 * \text{m}^3}} \right) * 992,23 \frac{\$}{\text{m}^3} * 100 \\ \text{Costo de generacion de vapor} &= 0,81 \frac{\$}{\text{kg}} \end{aligned}$$



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



Para determinar el costo total referente al vapor es necesario saber el consumo de vapor durante un proceso de CIP en el área de UHT. Tomando las mediciones respectivas, se determinó un consumo de vapor total de 322 kg (Ver Anexo, **Figura 27**) y al realizar la respectiva operación, se obtuvo el costo de la siguiente manera:

$$\text{Costo de vapor} = 0,81 \frac{\$}{kg} * 322 kg = \$ 260,82$$

### 5.2.5 SODA CÁUSTICA Y ÁCIDO NÍTRICO

El proceso de CIP requiere de estas sustancias para llevarse a cabo, estas sustancias se almacenan en sus recipientes adecuados, en el área donde se encuentra ubicado el esterilizador ELECSER, primeramente, son suministradas a estos tanques mediante bombas centrífugas y luego son suministradas a los equipos mediante bombas dosificadoras, hasta que la solución encuentre el punto de concentración exacto para iniciar el CIP. Este proceso en general requiere 41 litros de soda cáustica y 31 litros de ácido nítrico, de los cuales se tienen costos unitarios por litro de 1390 \$/L y 1016 \$/L, respectivamente. A continuación, se muestra el procedimiento para calcular este costo:

$$\text{Costo en soda cáustica(CIP)} = 41L * 1390 \frac{\$}{L} = \$ 56.990,00$$

$$\text{Costo en ácido nítrico(CIP)} = 31L * 1016 \frac{\$}{L} = \$ 31.492,59$$

### 5.2.6 LIBERACIÓN (SWABS LUMINÓMETRO DE SUPERFICIE)

Esto es un proceso muy usado en la industria alimenticia con el fin de determinar si una superficie es apta para llevar a cabo la preparación de alimentos con el fin de garantizar calidad en la producción. En este proceso de UHT es necesario utilizar 8 unidades de swabs luminómetro de superficie cada vez que se presenta una interrupción en el proceso por causa de las fallas en el suministro de energía eléctrica. Este costo se determinó de la siguiente manera:

$$\text{Costo de liberación} = 8 und * 8.900 \frac{\$}{und} = \$ 71.200,00$$



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



### 5.2.7 ALISTAMIENTO DE MÁQUINA LLENADORA DE LÍQUIDO

En este proceso se hace un alistamiento de la máquina con el fin de verificar la calidad del sellado horizontal y vertical, así como también la correcta calibración de las fotoceldas, se realiza la verificación del lote del producto y que en el empaque se esté imprimiendo la fecha de vencimiento correcta. A medida que se realizan estas tareas anteriormente mencionadas, se consume cierta cantidad de material de polietileno, teniendo en cuenta las diferentes presentaciones de la siguiente manera:

**Tabla 12** Presentaciones de empaques y cantidad de consumo en alistamiento de máquina selladora de líquido. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| TIPO DE EMPAQUE | CONSUMO(Und) |
|-----------------|--------------|
| 900 ml          | 60           |
| 1100 ml         | 50           |
| 450 ml          | 100          |

En la **Tabla 13**, se muestra el costo unitario de cada una de las presentaciones de polietileno, es decir, 900 ml, 1100 ml y 450 ml, el costo unitario de cada presentación(\$/BOLSA) se calculó de la siguiente manera: multiplicando el peso en kg de cada bolsa(kg/BOLSA)\* el costo de cada kg (\$/ kg).

**Tabla 13** Costo unitario de polietileno. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| MATERIAL    | TIPO DE EMPAQUE | PESO-<br>kg/BOLSA | COSTO-\$/<br>kg | COSTO<br>\$/BOLSA |
|-------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| Polietileno | 900 ml          | 0,006106201       | \$2.939,42      | \$79,01           |
|             | 1100 ml         | 0,007494172       | \$12.871,85     | \$96,46           |
|             | 450 ml          | 0,0041983         | \$13.183,21     | \$55,35           |



### 5.2.8 LUCRO CESANTE

En este caso el lucro cesante consiste en las ganancias que se han dejado de obtener en la producción de leche como consecuencia de todas las fallas en el fluido eléctrico en lo transcurrido del año 2021 desde el mes de enero hasta el mes de noviembre y se calculó de la siguiente manera:

El equipo tiene una capacidad de producción máxima de 6300 L/h (Ver anexo, **Figura 17**) y se maneja con una capacidad de trabajo del 94% por lo que se obtienen una capacidad de producción real de la siguiente manera:

$$\text{Producción real} = \text{Capacidad del equipo} * \text{Eficiencia de producción}$$

$$\text{Producción real} = 6300 \frac{L}{h} * 94\% = 5922 \frac{L}{h}$$

Actualmente, cada interrupción y/o fluctuación en el suministro del fluido eléctrico conlleva a paro en el proceso de producción de UHT, cada uno de estos paros toma un periodo de tiempo correspondiente a 5,5 h, antes de iniciar nuevamente el proceso, por lo tanto, el lucro cesante se calcularía de la siguiente manera:

$$\text{Lucro cesante} = \text{Producción real} * \text{Tiempo de paro} = 5922 \frac{L}{h} * 5,5 \text{ h}$$

$$\text{Lucro cesante} = 32571 \text{ Litros de leche}$$

En este momento la diferencia entre el costo de venta de la leche y el costo de fabricación de la leche se encuentra en un valor de 950 \$/L. Por lo tanto, los costos referentes a lucro cesante se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Costo de Lucro cesante} = 32571 \text{ L} * 1043 \frac{\$}{L} = \$ \$ 33.956.748,00$$

A manera de conclusión en la **Tabla 14**, se muestra un resumen donde se incluyen cada uno de los costos descritos anteriormente en esta sección.



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**Tabla 14** Sobrecostos debido a fallas en el fluido eléctrico en el proceso de UHT.

Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| CLASIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN DE SOBRECOSTOS | UNIDAD DE MEDIDA | CONSUMO | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL      |
|---------------|----------------------------|------------------|---------|----------------|------------------|
| EMPLEADOS     | MANO DE OBRA               | TIEMPO(h)        | 5,5     | \$ 88.512      | \$ 486.816,00    |
| SERVICIOS     | ENERGÍA ELÉCTRICA          | kW               | 235,4   | \$ 407         | \$ 95.698,66     |
|               | AGUA                       | METRO CÚBICO     | 8       | \$ 7.124       | \$ 56.994,56     |
|               | VAPOR                      | \$/kg            | 322     | \$ 1           | \$ 260,82        |
| ASEO          | SODA                       | LITROS           | 41      | \$ 1.390       | \$ 56.990,00     |
|               | ÁCIDO                      | LITROS           | 31      | \$ 1.016       | \$ 31.492,59     |
|               | LIBERACIÓN-1 ASEO          | Und              | 8       | \$ 8.900       | \$ 71.200,00     |
| PRUEBAS       | POLIETILENO                | 900 ml           | 60      | \$ 79          | \$ 4.740,64      |
|               |                            | 1100 ml          | 50      | \$ 96          | \$ 4.823,19      |
|               |                            | 450 ml           | 100     | \$ 55          | \$ 5.534,71      |
| PRODUCTO      | LUCRO CESANTE              | LITROS           | 32571   | \$ 1.043       | \$ 33.956.748,00 |
|               |                            |                  |         | TOTAL          | \$ 34.771.299    |

Como podemos observar en la **Tabla 14**, se obtuvo un total de \$ 34.771.299 en sobrecostos cada vez que se genera una interrupción en fluido eléctrico. Haciendo una revisión en las bitácoras de La Cooperativa Colanta en el año 2021, desde el mes de enero hasta el mes de noviembre se registraron un total de 42 fallos, por lo tanto, las pérdidas en sobrecostos para Colanta han sido aproximadamente 42 veces el costo adicional que genera una falla eléctrica al interrumpir este proceso de leche ultra-pasteurizada. De esta manera obtenemos que el total en pérdidas en lo que va del transcurso del año 2021 se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Pérdidas totales} = \$ 34.771.299 \frac{\$}{\text{Fallos}} * 42 \text{ fallos}$$

$$\text{Pérdidas totales} = \$ 1.460.394.565$$



### 5.3 DISEÑO DE MONTAJE DE LOS SISTEMAS E ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA

Antes de poder calcular el costo total de implementación de los sistemas de alimentación de energía ininterrumpida, tenemos que estudiar el diseño del espacio donde van a estar ubicados estos sistemas, así como también algunos aspectos referentes a esto.

#### 5.3.1 DIMENSIONES

Para poder evaluar las dimensiones de las infraestructuras necesarias para llevar a cabo las instalaciones de los sistemas de alimentación de energía ininterrumpida, tenemos que basarnos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETI), en el cual encontramos que para una tensión nominal, comprendida entre el rango de 301 V a 750 V de corriente alterna se debe tener una distancia referente a un límite de aproximación segura, donde la parte móvil expuesta (compuertas), debe tener una distancia mínima de 3 m y la parte fija debe tener una distancia mínima de 1 m (ver anexo, **Tabla 16**). (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

Teniendo en cuenta estos datos y las dimensiones de los sistemas de alimentación de energía ininterrumpida, los cuales están comprendidos en baterías, UPS y tablero de control. A continuación, tenemos las dimensiones de los equipos necesarios: (ver anexo **Figura 28**)

- Dimensiones de UPS área UHT:
  - UPS: WxDxH: 650x960x1600 mm.
  - BANCO BATERIAS: WxDxH: 1050x1200x1600 mm
- Dimensiones de UPS área de generación de vapor y servicios
  - UPS: WxDxH: 650x960x1600 mm.
  - BANCO BATERIAS: WxDxH: 1150x1200x1800 mm

Teniendo en cuenta las dimensiones descritas anteriormente se obtuvo la distribución que se observa en la **Figura 1**, el salón donde va a estar ubicado el sistema de alimentación ininterrumpida cuenta con unas dimensiones de 4,725 m X 4,970 m, estas dimensiones se obtuvieron teniendo en cuenta de los equipos que va a estar ubicados en este salón. Para obtener la longitud del largo, el cual es 4725 mm se tuvo en cuenta el largo de las baterías,

las cuales tienen una longitud de 1200 mm, también se tuvo en cuenta el largo de las compuertas, para lo que se consideró la mitad del ancho de las baterías, debido a que se compone por compuertas de dos hojas, adicionalmente a esto se le sumaron los 3 m, como se indica en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

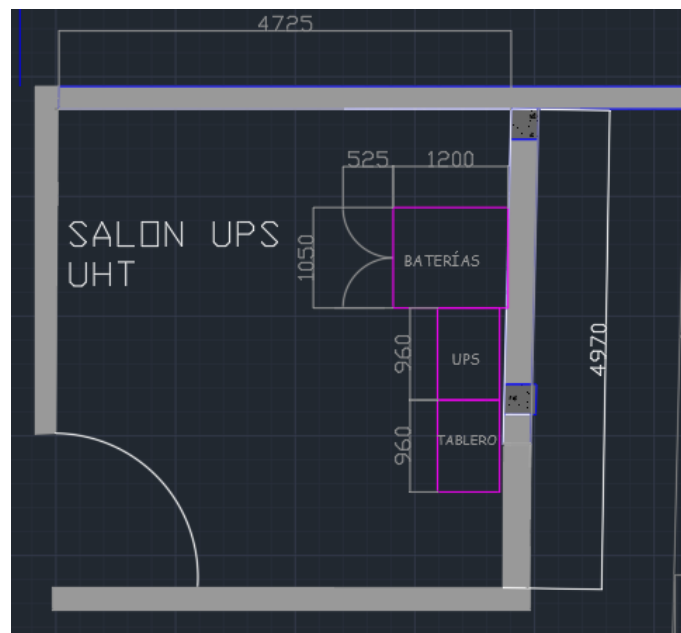
$$\text{Largo-salón UPS UHT} = \text{Largo de las baterías} + \text{Largo de las compuertas(batería)} + \text{Distancia de RETIE}$$

$$\text{Ancho-salón} = 1200 \text{ mm} + 525 \text{ mm} + 3000 \text{ mm} = 4725 \text{ mm}$$

Para obtener el ancho del salón se tuvieron en cuenta las dimensiones correspondientes a los anchos de cada uno de los elementos (baterías, UPS y tablero), en el caso del tablero se consideraron las mismas dimensiones que la UPS. También se consideró que la distancia entre las paredes del salón y los equipos más cercanos hacia los lados es de 1000 mm, para lo cual se obtuvo un total de 4970 mm, de la siguiente manera:

$$\text{Ancho-salón} = \text{Ancho de las baterías} + \text{Ancho de la UPS} + \text{Ancho del tablero} + 2 * \text{distancia hasta el muro (RETIE)}$$

$$\text{Ancho-salón} = 1050 \text{ mm} + 960 \text{ mm} + 960 \text{ mm} + 2 * 1000 \text{ mm} = 4970 \text{ mm}$$



**Figura 1** Dimensionamiento de salón para sistema de alimentación de energía ininterrumpida, área UHT. Dimensiones en mm

De manera muy similar para el salón de generación de vapor y servicios se obtuvieron las dimensiones y la distribución de los equipos, como se puede observar en la **Figura 2**



**Figura 2** Dimensionamiento de salón para sistema de alimentación de energía ininterrumpida, área generación de vapor y servicios. Dimensiones en mm

Todas las infraestructuras anteriormente mencionadas van a tener una altura de 2,4 m y puertas de acceso de 1,50 m.

### 5.3.2 CABLEADO

con el fin de determinar el tipo de cable que se va a emplear en estos sistemas de alimentación de energía ininterrumpida se aplicará la **Ecuación 2**, en la cual despejando la corriente nos queda:

$$I = \frac{p}{\sqrt{3} * V}$$

Considerando la máxima capacidad de los sistemas de alimentación de energía ininterrumpida cotizados, tenemos que la potencia máxima es de 160 kW y que el voltaje de estos es de 480 V, reemplazando en la ecuación anterior tenemos:

$$I = \frac{160000 \text{ W}}{\sqrt{3} * 480 \text{ V}}$$

$$I = 193 \text{ A}$$

Una vez obtenido este valor de amperidad, seleccionamos el tipo de cable, para esto escogemos un cable THHN con amperidad de 260 A, de calibre 4/0 (Ver anexo **Tabla**



19). Esto con el fin de sobredimensionar los cálculos. De este cableado se considerarán 40 m por cada fase en la instalación, como estas con líneas trifásicas y se cuenta con la línea de neutro, en total se obtienen 160 m de cableado para cada sistema de alimentación ininterrumpida, debido a que estos son dos, en total serían 320 m de cable.

Para la canalización de las líneas, es necesario que se implementen bandejas portables de dimensiones 20 cm x 10 cm x 8 cm.

### 5.3.3 TIEMPO DE MONTAJE

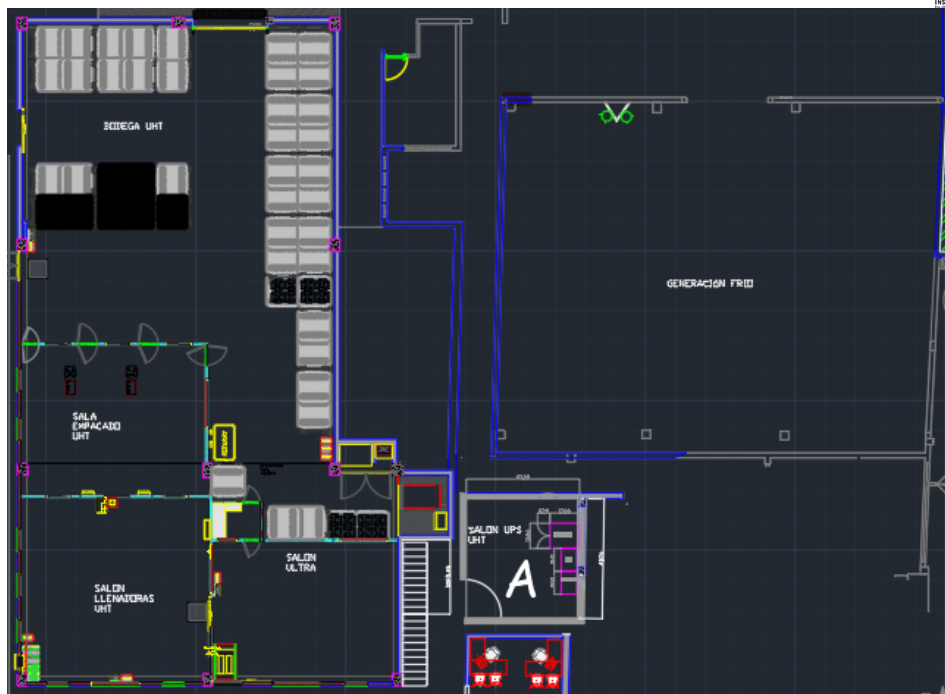
En cuanto al tiempo de montaje se determinó que la obra civil dura aproximadamente 15 días, el montaje de los sistemas de alimentación de energía ininterrumpida se calculó un total de 8 días, en los cuales se incluye el tiempo que tarda el respectivo cableado, y si determinó que se destinaría un total de 8 días correspondiente a la realización de las respectivas pruebas, donde se verificará que todo funcione correctamente. Siendo así se obtuvo un total de 31 días.

### 5.3.4 UBICACIÓN

Con anterioridad se dimensionó el espacio necesario para la implementación de los sistemas de alimentación de energía ininterrumpida, esto permite ubicar de manera exacta el lugar donde se van a realizar estas instalaciones dentro de la planta. Una vez analizados los espacios con el fin de determinar si estos son aptos para llevar a cabo este proyecto, se determinó la ubicación de cada uno de los sistemas, lo más próximo posible a los equipos que estos van a proteger. En la **Figura 3**, se muestra la Ubicación del sistema de alimentación de energía ininterrumpida que va a proteger los equipos del área de UHT, denotada con la letra A. De manera similar se ubicó el sistema de alimentación de energía ininterrumpida que va a proteger los equipos del área de generación de vapor y servicios, teniendo en cuenta que cercana a esta área donde se decidió colocar esta instalación, se encuentran los servicios necesarios en el proceso, como los son el agua potable, luego de recibir su respectivo tratamiento, así como también los compresores de aire que se consideraron en el desarrollo de este proyecto. Esta área se puede observar en la **Figura 4**, y se encuentra denotada con la letra B.



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**Figura 3** Ubicación del sistema de alimentación de energía de UHT, sobre plano elaborado por arquitecta de la planta. Fuente: Gilma Mendoza



**Figura 4** Ubicación del sistema de alimentación de energía del área de generación de vapor y servicios , sobre plano elaborado por arquitecta de la planta. Fuente: Gilma Mendoza



### **5.3.5 COSTO DE CERRAMIENTO**

Una vez obtenidas las dimensiones de los cerramientos se procedió a hacer un cálculo aproximado del costo de construcción de la infraestructura necesaria para la instalación de estos sistemas. Se obtuvo un valor de aproximadamente \$ 4.493.000, por cada salón. (Ver anexo, **Tabla 17**)

## **5.4 COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA**

Luego de obtener el valor de las pérdidas totales, lo cual es un valor considerable. Se procederá a calcular los costos referentes a la implementación de este sistema de alimentación interrumpida, con el fin de analizar si esta implementación es viable. Esto se realizará teniendo en cuenta el costo de los equipos UPS necesarios para garantizar la continuidad en el proceso de UHT, para lo cual, son necesarios dos equipos, uno de ellos protegerá contra las interrupciones y/o fluctuaciones del fluido eléctrico a los equipos pertenecientes al área de UHT y otro protegerá a los equipos pertenecientes al área de generación de vapor y los demás servicios necesarios en este proceso de forma crítica, los cuales son, el servicio de aire comprimido y el de agua potable. Los sistemas de alimentación de energía ininterrumpida cuentan con las siguientes capacidades de potencia necesarias:

- Capacidad de potencia necesaria de UPS área UHT: 160 kVA
- Capacidad de potencia necesaria de UPS área de generación de vapor y servicios: 80-120 kVA

Una vez realizada la cotización (ver anexo **Figura 28**), de estos sistemas de alimentación de energía ininterrumpida se obtuvieron los siguientes costos:

- Costo de UPS área UHT: \$ 165.619.677
- Costo de UPS área de generación de vapor y servicios: \$ 138.909.282

Se realizará el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR), para este cálculo se debe tener en cuenta la ganancia anual que trae consigo la implantación del proyecto. Anteriormente, se realizó el cálculo de las pérdidas referentes a los sobrecostos que trae consigo la falta de continuidad del proceso de Ultra-alta temperatura, en búsqueda de una solución viable a esta problemática se propone la implementación de sistemas de alimentación



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



ininterrumpida, los cuales tienen un costo total de 304.528.959 COP. Haciendo un análisis, con la implantación de estos sistemas de alimentación de energía interrumpida, se podrán eliminar estos sobrecostos por parte de Colanta, por lo tanto estos costos adicionales pasarían a ser parte de las ganancias de la entidad gracias a la implementación de los equipos UPS, por lo tanto, para determinar si este proyecto es viable o no, se hará la consideración de que estos sobrecostos generados en el año 2021, pasarán a ser ganancias a futuro de la empresa luego de estos sistemas, esto se realizara haciendo la consideración de que la tendencia de las fallas en el fluido eléctrico, en los últimos tres años, van en aumento y que en el próximo año estas fallas generarán tantas pérdidas como lo generaron en el periodo considerado de enero hasta noviembre de 2021, como se observa en la **Tabla 18**.

#### 5.4.1 RESUMEN DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA

**Tabla 15** Resumen de costos de implementación de los sistemas de alimentación ininterrumpida. Fuente: Elaboración en equipo de trabajo.

| ACTIVIDAD/EQUIPO                                    | UND. | CANT. | V. UNIT.       | V. TOTAL       |
|-----------------------------------------------------|------|-------|----------------|----------------|
| UPS MODULAR TRIFÁSICA-UHT                           | und  | 1     | \$ 165.619.677 | \$ 165.619.677 |
| UPS MODULAR TRIFÁSICA -GENERACIÓN VAPOR Y SERVICIOS | und  | 1     | \$ 138.909.282 | \$ 138.909.282 |
| CABLE THHN                                          | m    | 320   | \$ 65.000      | \$ 20.800.000  |
| SALÓN UPS UHT                                       | und  | 1     | \$ 4.493.000   | \$ 4.493.000   |
| SALÓN UPS GENERACIÓN VAPOR Y SERVICIOS              | und  | 1     | \$ 4.493.000   | \$ 4.493.000   |
| MANO DE OBRA DE CONSTRUCCIÓN DE SALONES             | und  | N/A   | N/A            | \$ 3.145.100   |
|                                                     |      |       | TOTAL          | \$ 337.460.059 |

Una vez realizado el análisis y las consideraciones anteriores, se procederá a hacer el cálculo de la tasa interna de retorno(TIR) empleando la **Ecuación 4**, donde la inversión inicial en el año cero (P), se considera el costo de implementación de los sistemas de alimentación de energía ininterrumpida, y el flujo neto efectivo del primer año(FNE), serán las pérdidas que se van a eliminar con dicha implantación, por lo tanto, reemplazando en la ecuación, obtenemos lo siguiente:

$$VPN = -P + \frac{FNE}{(1+i)^1} = 0$$
$$VPN = -337.460.059 + \frac{\$ 1.460.394.565}{(1+i)^1} = 0$$
$$TIR=i=333\%$$



Con el fin de hacer una estimación mensual de los ingresos a Colanta luego de eliminar los sobrecostos causados por las pérdidas de continuidad del proceso UHT debido a las fallas en el flujo de corriente eléctrica, procederemos a sacar este promedio mensual dividiendo los ingresos totales entre el número de meses en los que se consideraron las fallas eléctricas que generaron las pérdidas consideradas, los cuales fueron un total de 11 meses, comprendidos entre enero y noviembre del año 2021, como se muestra en la **Tabla 18**, de la siguiente manera:

$$\text{Ingresos mensuales} = \frac{\$1.460.394.565}{11\text{meses}} = 132.763.142,3\$ \frac{\$}{\text{mes}}$$

Como se mencionó anteriormente el costo de implementación de los sistemas alimentación de energía ininterrumpida tienen un total de \$ 337.460.059, con el fin de estimar en cuantos meses se puede recuperar la inversión inicial de la implementación, realizaremos el siguiente cálculo:

$$\text{Periodo recuperacion inversión} = \frac{\text{Costo de la implementacion}}{\text{Costo promedio de las ganancias por mes}}$$

$$\text{Periodo recuperacion inversión} = \frac{\$ 337.460.059}{132.763.142,3 \frac{\$}{\text{mes}}}$$

$$\text{Periodo recuperacion inversión} = 2,54 \text{ meses}$$

El resultado obtenido anteriormente se puede aproximar a 3 meses.

### **5.5 ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS SECUNDARIOS PARA JUSTIFICAR LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS UPS.**

Un sistema de alimentación de energía ininterrumpida tiene la capacidad de proporcionar energía por suficiente tiempo para que los equipos se apaguen de manera correcta, evitando daños por baja tensión en estos, o la suministran durante el tiempo necesario para que los equipos entre en línea con otro tipo de generación de energía alterna cuando en la red de energía pública se presentan fallas. Lo anterior, en equipos que guardan información como computadores es de gran importancia debido a que ayudan a proteger la información que estos contienen, ya que estas fluctuaciones en el suministro de energía eléctrica pueden dañar datos confidenciales e información valiosa.(Cerecedo, Mendoza, & Mikhael, 2021)

Lo anterior permite que se alargue la vida útil de los equipos que están protegidos por el sistema de alimentación de energía ininterrumpido y, por lo tanto, reduzcan los costos correspondientes al mantenimiento correctivo y a la reposición de los equipos, debido a que estas variaciones en los suministros de energía pueden dejar a los equipos sin funcionalidad ( Cartronic Group, 2021)

Estos dispositivos tienen la capacidad de mejorar la estabilidad de la energía eléctrica que alimenta a los dispositivos o maquinas debido a que con su implementación se pueden eliminar los eventos de tipo eléctrico que amenazan constantemente los aparatos electrónicos, estos son:

- Tensión insuficiente: Es una disminución de breve duración en los niveles de tensión. Puede ocasionar que las máquinas o equipos no tengan la suficiente potencia para llevar a cabo su tarea correctamente.
- Apagón eléctrico: Se presenta cuando se presenta la ausencia total de energía eléctrica. Puede ocasionar la pérdida total de información o los procesos de producción en la industria.
- Spike.: Es un aumento imprevisto de la tensión, generalmente es ocasionado por los rayos o descargas eléctricas que proceden de la naturaleza. Puede afectar a los



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

aparatos electrónicos a través de las líneas, dañando o destruyendo completamente los componentes.

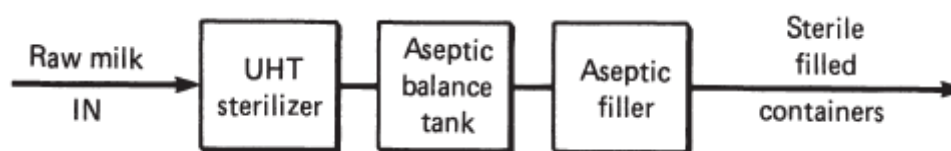
- **Sobretensiones:** Es un aumento de la tensión de breve duración, típicamente de 1/120 de segundo, estas pueden ser causadas por motores de gran potencia como son comunes encontrarlos en la industria. Puede ocasionar que se sometan a esfuerzos a los componentes delicados y ocasionar averías prematuras
- **Ruido:** El ruido de interferencia electromagnética y de radiofrecuencia altera la sinusoidal suministrada por la red de alimentación, esto puede ocasionar fallas en los aparatos electrónicos.
- **Corrientes parásitas y armónicas:** Son generadas por las perturbaciones o variaciones atmosféricas, variaciones de la carga, generadores de corriente, emisiones electromagnéticas e instalaciones industriales. Pueden ocasionar errores en la ejecución de lo software y fallas en el funcionamiento de algunos equipos
- **Variaciones de frecuencia:** Se presentan cuando hay una caída de voltaje y por lo general se deben a los cortos circuitos, cuando se presenta el arranque de alguna máquina o equipo, fallas, entre otras. Pueden ocasionar daños en diferentes tipos en las aplicaciones electromecánicas. (Legrand, 2013)

Algunos de los fenómenos mencionados con anterioridad solo pueden contrarrestarse o solucionado mediante la implementación de sistemas de alimentación ininterrumpida, como por ejemplo las variaciones en la tensión de larga frecuencia(apagones eléctricos), las variaciones de frecuencia (Menacho, 2013)



## 6 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

El área de UHT de la planta perteneciente a Colanta, ubicada en Planeta Rica, Córdoba, es un área en condiciones asépticas, en las cuales, se realiza este proceso para que no haya ningún tipo de contaminación. Esta área se encuentra dividida en sub-áreas, las cuales son la zona de esterilización ultra-alta temperatura, envasado, empaque y almacenamiento, como se observa en el **Diagrama 2**. En la zona de esterilización, se encuentran ubicados un Homogenizador, un esterilizador y algunas bombas y equipos que participan el proceso. En la zona de envasado se encuentra ubicado una llenadora aséptica de leche y un tanque de equilibrio aséptico, en esta zona se lleva a cabo el proceso de relleno estéril del producto terminado en los empaques de polietileno de las diferentes presentaciones requeridas y posteriormente se efectúa el transporte mediante un sistema de bandas transportadoras, hacia la zona de empaque, en la cual, se agrupan las diferentes presentaciones en recipientes de polietileno transparente o cajas de cartón. Luego, en la zona de almacenamiento, se organiza en estibas todo el producto terminado, por lotes, para su posterior distribución a lo largo del territorio colombiano.



**Diagrama 2.** Principales etapas del proceso de ultra-alta temperatura. (Burton, 1994)

Esta área cuenta con un total de 16 empleados, por cada turno de 8 horas, que se encargan de llevar a cabo todo el proceso anteriormente descrito. El equipo más crítico en toda esta área de trabajo es el ultra-pasteurizador, cuenta con un serpentín o intercambiador de calor donde se somete a la leche a cambios de temperatura específicos que le otorgan las propiedades requeridas.

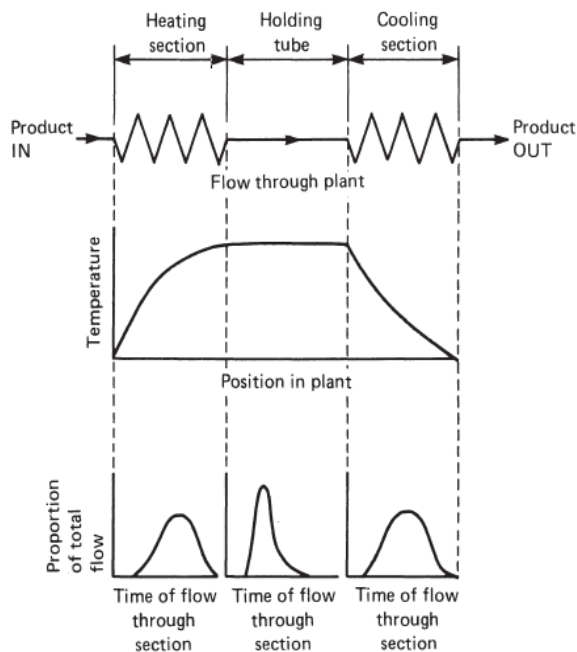
En el área anteriormente descrita, donde se lleva a cabo el proceso de UHT, se presentan algunas situaciones adversas debido a las fallas o interrupciones que se presentan en la red de suministro eléctrico público, esto causa que cuando se presenten estas interrupciones, se vea afectado de manera inmediata todo el proceso de producción de leche a ultra-alta temperatura, generando altos periodos de tiempo comprendidos en demoras y altas



pérdidas monetarias. A pesar de que en la planta de Colanta ubicada en Planeta Rica, Córdoba, se cuenta con una fuente alterna de generación de energía eléctrica, la cual se genera mediante plantas de energía eléctrica, que utilizan gas natural como combustible, el lapso de tiempo en las que estas se activan luego de una interrupción de fluido eléctrico, no es suficientemente apto para garantizar que no se produzca la paralización de este proceso a ultra-alta temperatura.

Uno de los principales problemas asociados a la interrupción del fluido eléctrico con relación al proceso de UHT y los servicios necesarios en este proceso, es la caída del vapor, debido a que es uno de los servicios más críticos, después de la energía eléctrica, en la producción de leche a ultra alta temperatura. En este proceso, cambios o fluctuaciones de temperatura en rangos muy mínimos pueden tener efectos considerables en el producto, es decir, cuando se presentan estas pequeñas fluctuaciones, se reduce el efecto esterilizante global del proceso conllevando a que no se dé una correcta esterilización del producto. Esto se debe a que en estos sistemas la temperatura del producto reacciona tan rápidamente a los cambios en la entrada de vapor que los retrasos en el sistema de control o los inconvenientes con el flujo constante de vapor, pueden causar oscilaciones sostenidas. Es por esta razón que la generación de vapor no puede verse afectada con las fluctuaciones o interrupciones de energía eléctrica y por esto es de suma importancia a la hora de garantizar una buena calidad en el producto. (Burton, 1994).

En la **Gráfica 1**, se muestra que en la sección de calentamiento, la temperatura aumenta hasta alcanzar la temperatura de procesamiento, la cual es la más alta del proceso, luego en la siguiente sección el producto se debe mantener a una temperatura constante, durante un tiempo determinado, esto con el fin de que todos los microorganismos resistentes al calor queden eliminados, y posteriormente pasa a la sección donde el producto es enfriado rápidamente. El intervalo de tiempo donde el producto se mantiene a alta temperatura, en el caso de Colanta, se establece una temperatura alrededor de los 135 °C, es el intervalo más crítico del proceso en cuanto a los requerimientos de vapor, debido a que este es el brinda el calor necesario para alcanzar y mantener la temperatura en este punto. (Burton, 1994)



**Gráfica 1** Distribuciones de temperatura y tiempos de flujo dentro de un calor intercambiador. (Burton, 1994)

En la búsqueda de mejorar este proceso y darle una solución viable a este problema, se buscó realizar un diseño de un sistema de alimentación de energía ininterrumpida a través de la caracterización de los equipos de ultra-alta temperatura para garantizar la continuidad del proceso de UHT. La energía de este sistema, se les suministrará a los equipos pertenecientes al área de UHT y el área correspondiente a los servicios críticos para llevar a cabo este proceso, con el fin de que no se genere una interrupción en el suministro de energía que alimenta a estos equipos, cuando se generen interrupciones en la red de energía de suministro público, debido a que estos son de carácter crítico. Este diseño se comprende en un procedimiento de cálculo de las capacidades necesarias para el sistema de alimentación, así como también en evaluar los costos referentes a la adquisición, el cálculo de los sobrecostos que generan para Colanta cada una de las interrupciones de fluido eléctrico y un análisis de viabilidad para determinar si la ejecución de este proyecto es viable realizarla para esta entidad. Adicionalmente, se determinó una serie de beneficios secundarios que este sistema de alimentación de energía ininterrumpida tiene sobre los equipos.



## **7 APORTES DEL ESTUDIANTE**

En este proyecto se determinó el consumo de los equipos del área UHT a través de la medición de las variables eléctricas aplicando la ley de ohm para el cálculo de la misma o mediante la placa de especificaciones y manuales técnicos de los equipos, esto con el fin de determinar la capacidad de los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS), para lo cual fue necesario realizar el cálculo total de la carga de los equipos del proceso UHT y los equipos pertenecientes a los diferentes servicios necesarios para llevar a cabo este proceso, se tuvo en cuenta el servicio de agua potable, generación de vapor y aire comprimido. Además de eso, se analizó el costo de implementación de este sistema, así como también el espacio requerido para la instalación. Se realizó un análisis de la viabilidad de implementar este sistema de alimentación de energía ininterrumpida, diseñado para garantizar la continuidad del proceso de ultra-alta temperatura, esto se realizó teniendo en cuenta los sobrecostos causados por las interrupciones de fluido eléctrico en el proceso de UHT, dentro de estos sobrecostos se analizaron costos que tienen fuertes afectaciones económicas como consecuencia de la caída de este proceso, para esto se tendrán en cuenta algunas categorías como lucro cesante, gastos adicionales en energía eléctrica, gastos en insumos de limpieza, mano de obra y otros servicios adicionales como generación de vapor (el cual en esta industria es generado utilizando gas natural), agua y su respectivo tratamiento. Dentro de estos sobrecostos también se analizaron procesos adicionales que se llevan a cabo como consecuencia de estas interrupciones, así como otras pérdidas descritas anteriormente. Luego de esto se realizaron revisiones bibliográficas con el objetivo de identificar que otros beneficios en cuanto al cuidado de los equipos, buen funcionamiento y consumo energético tiene la implementación del sistema de alimentación ininterrumpida para los equipos pertenecientes al área de UHT



## **8 CONCLUSIONES**

Una vez se realizó el cálculo de la potencia necesaria para los cálculos de las capacidades de los sistemas de alimentación de energía ininterrumpida se concluye que las potencias necesarias para ambos equipos son las siguientes:

- Capacidad de potencia necesaria de UPS área UHT: 160 kVA
- Capacidad de potencia necesaria de UPS área de generación de vapor y servicios: 80-120 kVA

Para el cálculo de la capacidad de los dos sistemas de alimentación de energía ininterrumpida se tomó conveniente que cada uno de estos, el del área de UHT, así como también el del área de generación de vapor y servicios, cuente con una capacidad de 160 kVA y 120 kVA, respectivamente, para lo referente al cálculo de los costos.

Luego de saber el costo de implementación de los sistemas de alimentación ininterrumpida necesarios para garantizar la continuidad del proceso de UHT, notamos que las pérdidas que se generan para la Cooperativa Colanta, a causa de las interrupciones de fluido eléctrico en el proceso de UHT, son mucho mayores al costo de implementación de estos sistemas, por lo tanto, la alternativa de implementar estos sistemas se concluye que es viable.

También es posible concluir que la implementación de sistemas de alimentación de energía ininterrumpida además de garantizar la continuidad del proceso de UHT, cuando se presenten fallas en el suministro de energía de la red pública, trae beneficios secundarios para los equipos que estos protegen, entre los más importantes es alargar la vida útil de la maquinaria a la que suministran la energía, ya que ayudan a eliminar las variaciones de voltajes y otros fenómenos causados por la intermitencia en la red eléctrica, ya sea causada por el encendido de otros equipos de alta potencia, de procedencia natural (rayos), u otros eventos eléctricos provenientes de la misma red.



## **9 RECOMENDACIONES**

- Se sugiere a la empresa seguir evaluando e implementando mejoras en los procesos que permitan realizar tareas productivas de manera cada vez más sólidas y menos susceptibles por parte de las diferentes fallas que se puedan presentar, generando altas pérdidas.
- Se recomienda estudiar de una manera más profunda los costos que se puedan obtener en los diferentes procesos o subprocesos.
- Se recomienda alimentar constantemente la base de datos para gestión de mantenimiento, de tal manera que esta contenga información detallada de cada uno de los equipos, maquinas, herramientas y procesos. Esta información puede estar comprendida en datos de funcionamiento, repuestos, insumos, datos de consumo de energía.
- Se recomienda tener información detallada en la base de datos para gestión de mantenimiento, referente a los tempos de trabajo en reparaciones, así como costos detallados de los diferentes mantenimientos que se le realiza a las máquinas o equipos.



## 10 BIBLIOGRAFÍA

- Cartronic Group. (2021). *Sistema de Alimentación Ininterrumpida*. Obtenido de <https://grupocartronic.com/sistema-de-alimentacion-ininterrumpida-sai/>
- Avendaño, S. V. (2020). *SOÑAMOS, CREAMOS Y PROYECTAMOS UN CLIMA LABORAL CON EQUIDAD*. SAN PEDRO- ANTIOQUIA.
- Baca, G. (2010). *Fundamentos de ingeniería económica*. México: McGraw-Hill.
- Cengel, Y., & Boles, M. (2011). *Termodinámica*. México DF: McGraw-Hill Interamericana.
- CENTELSA. (2021). *Cables para construcción*. Obtenido de [https://www.centelsa.com/productos\\_centelsa/productos\\_colombia/CABLES\\_PARA\\_CONSTRUCCION/CABLES\\_PARA\\_CONSTRUCCION.pdf](https://www.centelsa.com/productos_centelsa/productos_colombia/CABLES_PARA_CONSTRUCCION/CABLES_PARA_CONSTRUCCION.pdf)
- Cerecedo, F., Mendoza, A., & Mikhael, R. (2021). *Análisis de la carga instalada en un UPS e implementación de una red Ethernet para gestión de la información*. Obtenido de Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/12758/1/TESIS%20UPS%20FIN%20AL2%20%281%29.pdf>
- Chávez, J. (Octubre de 2019). *PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA OFICINA DE GESTIÓN DE PROYECTOS (PMO) EN LA COOPERATIVA COLANTA*. Obtenido de UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL (UCI): <https://biblioteca.uci.ac.cr/Tesis/PFGMAP1985.pdf>
- Cooperativa Colanta. (2018). *Informe de Gestión Social y Sostenibilidad*. Obtenido de <https://colanta.com/corporativo/wp-content/uploads/2019/10/INFORME-DE-GESTION-2018-web.pdf>
- Cooperativa Colanta. (2021). *Historia*. Obtenido de Nuestra razón de ser: <https://colanta.com/corporativo/historia/#nuestra-razon-de-ser>
- Cooperativa Colanta. (2021). *Políticas de calidad*. Obtenido de <https://colanta.com/corporativo/historia/#politicas-de-calidad>
- Cooperativa Colanta. (2021). *Políticas de calidad*. Obtenido de <https://colanta.com/corporativo/historia/#politicas-de-calidad>
- Forero, S. A. (2012). *PROPUESTA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE AGUA DENTRO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA PROCESADORA DE LECHE U.H.T Y*



*PASTEURIZADA COLANTA*. Obtenido de  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2406/2012soniaramirez.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Hewitt, P. (2007). *Física conceptual*. México: Pearson Education.

Ili, C. A. (2010). *DISEÑO DE SISTEMA DE LAVADO DE ESTANQUES AUTOMATIZADO CIP (CLEANING IN PLACE)*. Obtenido de Universidad Austral de Chile:  
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcii.28d/doc/bmfcii.28d.pdf>

Julián, A. d. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia*. Obtenido de GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA INDUSTRIAL:  
<http://hdl.handle.net/10017/29542>

Legrand. (2013). *SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA (SAI)*. Obtenido de <https://www.legrand.es/documentos/Guia-Tecnica-SAI-sistemas-de-alimentacion-ininterrumpida-Legrand.pdf>

Menacho, A. (2013). *Sistemas de alimentacion ininterrumpida( descripcion, logística. instalación y mantenimiento*. Ediciones paraninfo.

Ministerio de Minas y Energía. (2013). *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)*. Colombia .

Montalbán , J. (2021). *Diseño de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida de 2000 VA*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE VALLADOLID:  
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/47248/TFG-I-1858.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Oelker, A. (2010). Costo de Generación de Vapor.

Resolución 2195. (11 de Junio de 2010). *INVIMA*. Obtenido de  
[https://www.invima.gov.co/documents/20143/1029334/RESOLUCION\\_2195\\_D E\\_2010.pdf/8bd1b940-9479-91c0-4748-26adc0f0016b?t=1555098969456](https://www.invima.gov.co/documents/20143/1029334/RESOLUCION_2195_D E_2010.pdf/8bd1b940-9479-91c0-4748-26adc0f0016b?t=1555098969456)

Rodríguez, M. (2021). *Circuitos de corriente alterna trifásica*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE CANTABRIA:  
<https://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/Trif%C3%A1sica.pdf>



## 11 ANEXOS



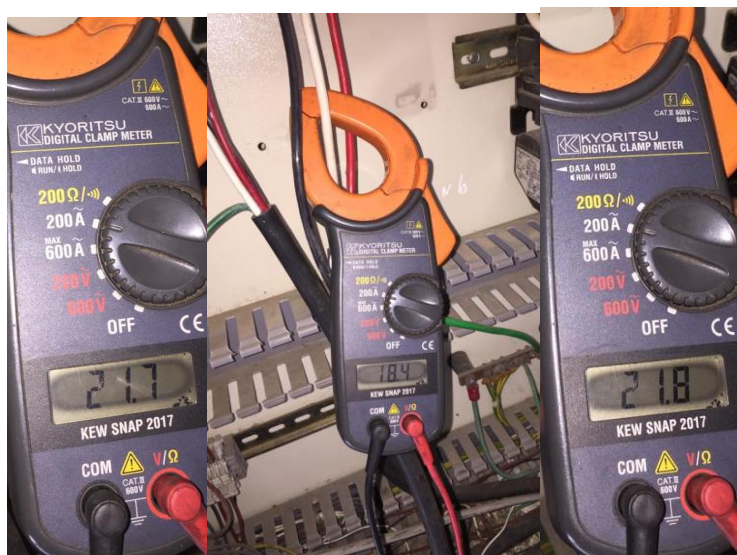
**Figura 5** Registro de medición de voltaje en la línea de equipos de generación de vapor.



**Figura 6** Registro de medición de corriente en la bomba de agua de alimentación de la caldera



**Figura 7** Registro de medición de corriente en motor quemador-ventilador



**Figura 8** Registro de medición de corriente en la bomba de Agua potable



**Figura 9** Registro de medición de voltaje en la bomba de Agua potable



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**Figura 10** Registro de medición de voltaje en el compresor



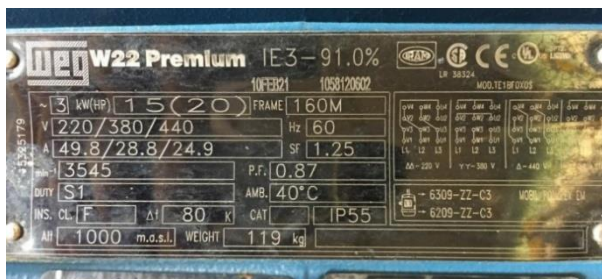
**Figura 11** Registro de medición de corriente en el compresor de aire

| johnson                                                                                |                                                                                                                | ENGINEERING DATA SHEET ("EDS") |                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| S.O. #:                                                                                | 293505                                                                                                         | Date:                          | 9/4/2013                                                                |
| Customer:                                                                              | Hurst Boiler & Welding Company, Inc.                                                                           | User:                          | Colanta                                                                 |
| Vessel Mfr/Application/Type:                                                           | Hurst Series 400: 600 HP                                                                                       | Jobsite Location:              | Colombia                                                                |
| Steam Boiler <input checked="" type="checkbox"/> Water Heater <input type="checkbox"/> | Firetube <input checked="" type="checkbox"/> Watertube <input type="checkbox"/> Other <input type="checkbox"/> | Boiler Oper Press/Temp:        | 120 PSI                                                                 |
| Firing Rate:                                                                           | 24,796 MBH NG / 171 GPH #2 Oil                                                                                 | Furnace Pressure:              | 1.77" wc                                                                |
| Emissions:                                                                             | N/A                                                                                                            |                                |                                                                         |
| BURNER                                                                                 |                                                                                                                |                                |                                                                         |
| Model #:                                                                               | FD68CA625LM                                                                                                    | Turndown Rate:                 | 5 : 1                                                                   |
|                                                                                        |                                                                                                                | Motor HP:                      | 25 HP @ 60 Hz                                                           |
| Fan:                                                                                   | C-5659-9                                                                                                       | RPM:                           | 3600 RPM                                                                |
| Firing Head:                                                                           | B-9603-625                                                                                                     | Pilot:                         | Gas-Electric A-8531-01                                                  |
| Burner Mount/Tile Drawing:                                                             | N/A                                                                                                            | Refractory Throat Supplied by: | STJ <input type="checkbox"/> Others <input checked="" type="checkbox"/> |
| Gas Fuel Type:                                                                         | Natural Gas                                                                                                    | Gas Pressure@burner:           | 12.8" wc                                                                |
| Gas Nozzles:                                                                           | (12) 3/8" Sch. 40 pipe<br>(18) 5/8" x .083 wall tubing                                                         | Qty Plugged / Drawing:         | None / B-9699-02                                                        |
| Oil Fuel Type:                                                                         | #2 Oil                                                                                                         | Oil Pressure@burner:           | 26 PSI Nom, 29 PSI Max                                                  |
| Oil Nozzle(s):                                                                         | C169WA 250 x 70                                                                                                | Atomizing Supply Pressure:     |                                                                         |

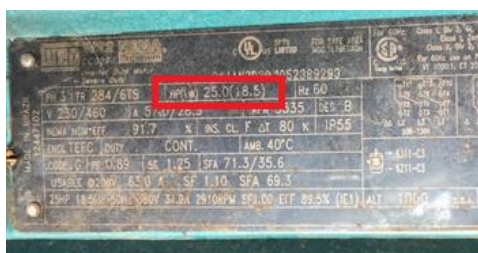
**Figura 12** Motor ventilador caldera 600 bhp

**Por una universidad con calidad, moderna e incluyente**

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 [www.unicordoba.edu.co](http://www.unicordoba.edu.co)



**Figura 13** Placa de especificaciones de Motor bomba alimentación 1 caldera



**Figura 14** Bomba de agua potable



**Figura 15** Placa de especificaciones de Compresor de aire



# UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



| Procesar datos                                                | Datos de los pedidos | Los datos del modelo |  |
|---------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|--|
| Flujo, máx <sup>1,2</sup>                                     | 6300                 | 7000 L / H           |  |
| Flow, min <sup>1,2</sup>                                      | 3900                 | 2100 L / H           |  |
| Temperatura del producto                                      | 105                  | 105 °C               |  |
| Aséptico                                                      | No                   | Opcional             |  |
| Presión total                                                 | 250                  | 300 Bar              |  |
| Presión segunda etapa                                         | -                    | - Bar                |  |
| Presión de descarga                                           | 1                    | - Bar                |  |
| Estimado de la presión de alimentación requerida <sup>1</sup> | 3-7                  | Bar                  |  |
| El consumo de energía                                         | 49                   | 65 kW ± 5%           |  |
| RPM                                                           | 194                  | 192                  |  |

<sup>1</sup> Cambiando el flujo fuera de los datos de pedido puede no ser posible sin cambiar la configuración.

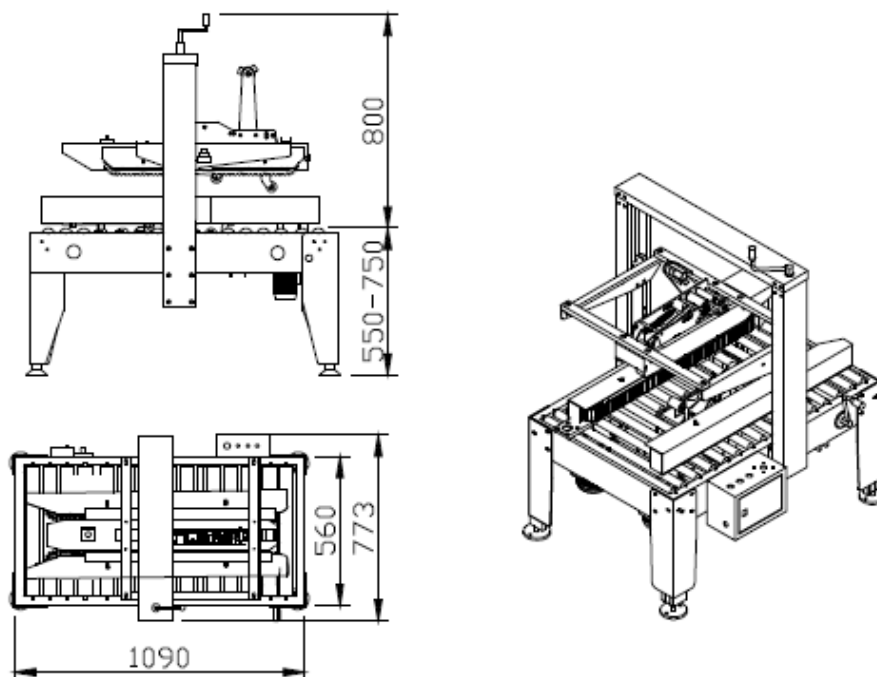
**Figura 16** Ficha técnica de Homogenizador proceso de UHT

| ESTERILIZADORES ELECSTER                                              |            | EL-2700 | EL-4500 | EL-6300  | EL-10800 |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|---------|---------|----------|----------|
| Tipo                                                                  |            | 2700    | 4700    | 6300     | 10800    |
| Capacidad en l/h                                                      |            | 85      | 145     | 210      | 350      |
| Consumo de vapor 8...10 bar (kg/h)<br>(durante la pre-esterilización) |            | (250)   | (320)   | (500)    | (750)    |
| Conexión eléctrica (kVA)                                              |            | 60      | 70      | 90       | 130      |
| Energía para el homogenizador, 150 bar (kW)                           |            | 14      | 23      | 32       | 60       |
| 250 bar (kW)                                                          |            | 23      | 38      | 53       | 75*      |
| * 185 bar (kW)                                                        |            |         |         |          |          |
| Aire comprimido (NI/min)                                              |            | 40      | 50      | 60       | 75       |
| - presión mín. 6 bar                                                  |            |         |         |          |          |
| Sistema de refrigeración (l/h)                                        |            | 300     | 300     | 300      | 400      |
| Espacio necesario (m <sup>2</sup> ) (excl. homogenizador)             |            | 6,1     | 6,1     | 6,6      | 7,7      |
| Dimensiones (excl. homogenizador)                                     |            |         |         |          |          |
| - ancho mm                                                            |            | 1930    | 1930    | 2000     | 2200     |
| - largo mm                                                            |            | 3150    | 3150    | 3300     | 3500     |
| - alto mm                                                             |            | 2800    | 2800    | 3000     | 3200     |
| - peso kg                                                             |            | 3250    | 3500    | 4000     | 4500     |
| - peso kg (incl. homogenizador)                                       |            | 5500    | 5750    | 7250     | 8000     |
| MÁQUINAS EMPACADORAS ASÉPTICAS ELECSTER                               |            | EA-4000 | EA-8000 | EA-12000 | EA-16000 |
| Tipo                                                                  |            | 4000    | 8000    | 12000    | 16000    |
| Capacidad bolsas/h (max.)                                             | 0,2-0,25 L | 3600    | 7200    | 10800    | 14400    |
|                                                                       | 0,5 L      | 3000    | 6000    | 9000     | 12000    |
|                                                                       | 1,0 L      |         |         |          |          |
| Medida bolsa                                                          |            | 160     | 160     | 160      | 160      |
| - ancho mm                                                            |            | 112-250 | 112-250 | 112-250  | 112-250  |
| - largo mm                                                            |            |         |         |          |          |
| Conexión eléctrica (kVA)                                              |            | 6       | 9       | 12       | 15       |
| Aire comprimido (NI/min)                                              |            | 150     | 300     | 450      | 600      |
| - presión mín. 6 bar                                                  |            |         |         |          |          |
| Vapor purificado (4 bar)                                              |            | 15 kg/h | 15 kg/h | 15 kg/h  | 15 kg/h  |
| Espacio necesario (m <sup>2</sup> )                                   |            | 2,8     | 4,8     | 6,8      | 8,8      |
| Dimensiones:                                                          |            |         |         |          |          |
| - ancho mm                                                            |            | 1900    | 3500    | 5100     | 6700     |
| - largo mm                                                            |            | 1300    | 1300    | 1300     | 1300     |
| - alto mm                                                             |            | 2300    | 2300    | 2300     | 2300     |
| - peso kg                                                             |            | 1800    | 2800    | 3800     | 4800     |

**Figura 17.** Datos técnicos de esterilizador Elecster

*Por una universidad con calidad, moderna e incluyente*

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 [www.unicordoba.edu.co](http://www.unicordoba.edu.co)



| 6. | Technical parameters | EFCTS                               |
|----|----------------------|-------------------------------------|
|    | Power supply         | 1P, AC220V, 50Hz, 600W              |
|    | Sealing speed        | 19 meter/minute                     |
|    | Weight capacity      | 40kg                                |
|    | Machine size         | L1090×W773×H (table top add 800) mm |
|    | Workingtable height  | 550-750mm (tunableness)             |
|    | Sealing tap          | Kraft tap, BOPP tap                 |
|    | Tape size            | 48-72mm                             |
|    | Carton size          | L200-∞mm; W95-300mm; H70-300mm      |
|    | Machine weight       | 100kg                               |

**Figura 18** Datos técnicos de Encintadora de cajas 1 y 2, proceso UHT



**Figura 19** Datos técnicos de Motor 1-Arrastre Llenadora aséptica

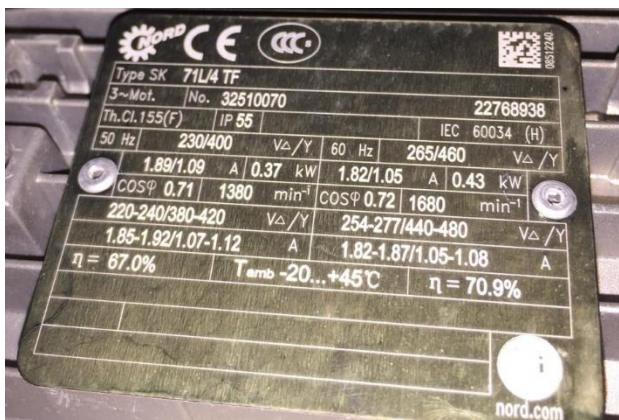


Figura 20 Datos técnicos de Motor 2-Balancin

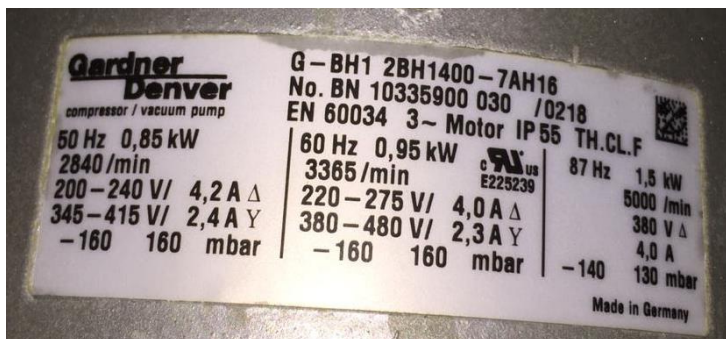


Figura 21 Datos técnicos de bomba ESA llenadora de líquidos

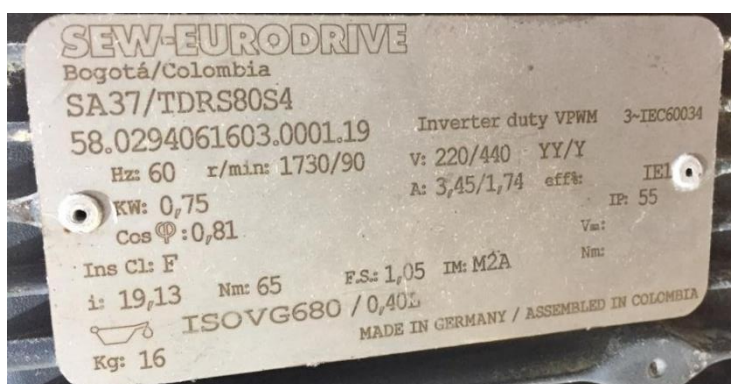


Figura 22 Datos técnicos de motor banda transportadora. Cantidad 3



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

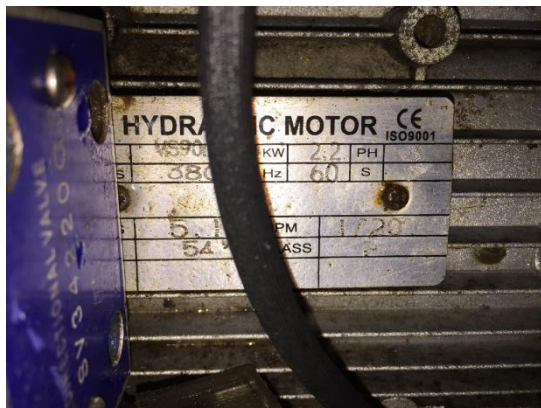


Figura 23 Datos técnicos de Motor Bomba plataforma hidráulica

Ruta: 003098032

  
NIT.890.904.996-1

| Otros Cobros EPM                                                                                  |                      |                                           |                                    |                            |                         | Servicio                      | Valor                              |                                      |                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Relq react capaci                                                                                 |                      |                                           |                                    |                            |                         | Energia                       | \$ 7,00                            |                                      |                               |
| Total                                                                                             |                      |                                           |                                    |                            |                         |                               | \$ 2.309.398,95                    |                                      |                               |
| Detalle del consumo y valores servicio suscrito 123493211 Cr 7 No 347 Via Troncal Barrio San Jose |                      |                                           |                                    |                            |                         |                               |                                    |                                      |                               |
| Hora Consumo                                                                                      | Energia Activa (kWh) | Exceso Energia Reactiva Inductiva (kVarh) | Energia Reactiva Capacitiva(KVarh) | Cargo No Regulado (\$/kWh) | Cargo Regulado (\$/kWh) | Valor Total Unitario (\$/kWh) | Valor Activa (\$) sin contribucion | Valor Exceso Reactiva Inductiva (\$) | Valor reactiva Capacitiva(\$) |
| 1                                                                                                 | 19.543,70            | 228,80                                    | ,00                                | 238,34                     | 168,17                  | 406,51                        | 7.944.709,00                       | 20.590,00                            | ,00                           |
| 2                                                                                                 | 19.520,60            | 198,11                                    | ,00                                | 238,34                     | 168,17                  | 406,51                        | 7.935.319,00                       | 17.828,00                            | ,00                           |
| 3                                                                                                 | 20.050,14            | 113,08                                    | ,00                                | 238,34                     | 168,17                  | 406,51                        | 8.150.582,00                       | 10.176,00                            | ,00                           |
| 4                                                                                                 | 19.922,54            | 103,84                                    | 2,42                               | 238,34                     | 168,17                  | 406,51                        | 8.098.712,00                       | 9.345,00                             | 218,00                        |
| 5                                                                                                 | 21.004,28            | 84,37                                     | 1,98                               | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 8.656.494,00                       | 7.592,00                             | 178,00                        |
| 6                                                                                                 | 22.240,90            | 79,09                                     | ,00                                | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 9.166.142,00                       | 7.117,00                             | ,00                           |
| 7                                                                                                 | 22.743,16            | 136,40                                    | ,00                                | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 9.373.139,00                       | 12.275,00                            | ,00                           |
| 8                                                                                                 | 22.227,26            | 64,24                                     | ,00                                | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 9.160.521,00                       | 5.781,00                             | ,00                           |
| 9                                                                                                 | 22.190,30            | 58,41                                     | 5,06                               | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 9.145.288,00                       | 5.256,00                             | 455,00                        |
| 10                                                                                                | 22.387,64            | 56,21                                     | 4,62                               | 238,34                     | 177,64                  | 415,98                        | 9.312.810,00                       | 5.058,00                             | 416,00                        |
| 11                                                                                                | 23.051,60            | 70,51                                     | 7,04                               | 238,34                     | 177,64                  | 415,98                        | 9.589.005,00                       | 6.345,00                             | 634,00                        |
| 12                                                                                                | 24.845,48            | 30,03                                     | 1,76                               | 238,34                     | 177,64                  | 415,98                        | 10.335.223,00                      | 2.702,00                             | 158,00                        |
| 13                                                                                                | 25.314,52            | 24,31                                     | ,00                                | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 10.432.873,00                      | 2.188,00                             | ,00                           |
| 14                                                                                                | 24.710,84            | 40,81                                     | ,00                                | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 10.184.078,00                      | 3.672,00                             | ,00                           |
| 15                                                                                                | 24.349,82            | 59,84                                     | ,00                                | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 10.035.291,00                      | 5.385,00                             | ,00                           |
| 16                                                                                                | 23.573,66            | 49,17                                     | ,00                                | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 9.715.412,00                       | 4.425,00                             | ,00                           |
| 17                                                                                                | 23.293,60            | 93,28                                     | ,00                                | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 9.599.991,00                       | 8.394,00                             | ,00                           |
| 18                                                                                                | 22.294,80            | 83,16                                     | 4,62                               | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 9.188.356,00                       | 7.484,00                             | 416,00                        |
| 19                                                                                                | 22.061,38            | 29,59                                     | 14,30                              | 238,34                     | 177,64                  | 415,98                        | 9.177.093,00                       | 2.663,00                             | 1.287,00                      |
| 20                                                                                                | 22.000,88            | 34,32                                     | 15,62                              | 238,34                     | 177,64                  | 415,98                        | 9.151.926,00                       | 3.088,00                             | 1.406,00                      |
| 21                                                                                                | 22.016,72            | 82,83                                     | ,00                                | 238,34                     | 177,64                  | 415,98                        | 9.158.515,00                       | 7.454,00                             | ,00                           |
| 22                                                                                                | 21.217,24            | 123,31                                    | ,00                                | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 8.744.261,00                       | 11.097,00                            | ,00                           |
| 23                                                                                                | 20.372,44            | 194,15                                    | ,00                                | 238,34                     | 173,79                  | 412,13                        | 8.396.094,00                       | 17.472,00                            | ,00                           |
| 24                                                                                                | 19.789,22            | 216,48                                    | ,66                                | 238,34                     | 168,17                  | 406,51                        | 8.044.516,00                       | 19.481,00                            | 59,00                         |

Figura 24 Costo unitario de energía eléctrica en kW/h

**Por una universidad con calidad, moderna e incluyente**

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 [www.unicordoba.edu.co](http://www.unicordoba.edu.co)



**Figura 25** Ciclos de funcionamiento de la bomba d agua potable en CIP del proceso UHT



**Figura 26** Consumo de 8 metros cúbicos INICIO VS FINAL durante un proceso de CIP



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



|            |       |
|------------|-------|
| INICIO     | 98195 |
| FINAL      | 98517 |
| DIFERENCIA | 322   |



**Figura 27** Lectura de medición de consumo de vapor durante la realización de un CIP

| ITEM | DESCRIPCION LINEA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | REFERENCIA             | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL | ENTREGA                                                                     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------|----------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1    | UPS MODULAR TRIFASICA 480 VAC, CAPACIDAD MAXIMA DE 160 KVA, INCLUYE 3 MODULOS DE 40 KVA CADA UNO, FACTOR DE POTENCIA 1, AUTONOMIA 10 MINUTOS PARA UNA CARGA DE 100 KVA, TARJETA SNMP, 2 AÑOS DE GARANTIA. NOTA: SE PUEDE CONFIGURAR A 440 VAC POR SOFTWARE. MEDIDAS UPS WxDxH 650x960x1600mm. MEDIDAS BANCO BATERIAS WxDxH 1050x1200x1600mm. POR LA ADJUDICACIÓN COMPLETA DEL PROYECTO SE INCLUYE EN EL PRECIO EL SERVICIO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LA UPS PERO TODA LA INSTALACIÓN ELECTRICA DEBE ESTAR A CERO METROS Y LAS UPS Y ACCESORIOS EN EL SITIO DE INSTALACIÓN. | HMX MOD 120KVA 480 VAC | 1        | \$ 34.667      | \$ 34.667   | 100 DÍAS LUEGO DE PUESTA LA ORDEN DE COMPRA Y PAGO DEL RESPECTIVO ANTICIPO. |
| 2    | UPS MODULAR TRIFASICA 480 VAC, CAPACIDAD MAXIMA DE 160 KVA, INCLUYE 4 MODULOS DE 40 KVA CADA UNO, FACTOR DE POTENCIA 1, AUTONOMIA 10 MINUTOS PARA UNA CARGA DE 140 KVA, TARJETA SNMP, 2 AÑOS DE GARANTIA. NOTA: SE PUEDE CONFIGURAR A 440 VAC POR SOFTWARE. MEDIDAS UPS WxDxH 650x960x1600mm. MEDIDAS BANCO BATERIAS WxDxH 1150x1200x1800mm. POR LA ADJUDICACIÓN COMPLETA DEL PROYECTO SE INCLUYE EN EL PRECIO EL SERVICIO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LA UPS PERO TODA LA INSTALACIÓN ELECTRICA DEBE ESTAR A CERO METROS Y LAS UPS Y ACCESORIOS EN EL SITIO DE INSTALACIÓN. | HMX MOD 160KVA 480 VAC | 1        | \$ 41.333      | \$ 41.333   | 100 DÍAS LUEGO DE PUESTA LA ORDEN DE COMPRA Y PAGO DEL RESPECTIVO ANTICIPO. |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                        |          | SUBTOTAL       | \$ 76.000   |                                                                             |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                        |          | IVA (19%)      | \$ 14.440   |                                                                             |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                        |          | TOTAL          | \$ 90.440   |                                                                             |

**Figura 28** Cotización de sistema de alimentación ininterrumpida, capacidad 120 kVA

**Por una universidad con calidad, moderna e incluyente**

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 [www.unicordoba.edu.co](http://www.unicordoba.edu.co)



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**Tabla 16** Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna

| Tensión nominal del sistema (fase – fase) | Límite de aproximación seguro (m) |                     | Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios. | Límite de aproximación técnica (m) |
|-------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|                                           | Parte móvil expuesta              | Parte fija expuesta |                                                                           |                                    |
| 50 V – 300 V                              | 3,0                               | 1,0                 | Evitar contacto                                                           | Evitar contacto                    |
| 301 V – 750 V                             | 3,0                               | 1,0                 | 0,30                                                                      | 0,025                              |
| 751 V – 15 kV                             | 3,0                               | 1,5                 | 0,7                                                                       | 0,2                                |
| 15,1 kV – 36 kV                           | 3,0                               | 1,8                 | 0,8                                                                       | 0,3                                |
| 36,1 kV – 46 kV                           | 3,0                               | 2,5                 | 0,8                                                                       | 0,4                                |
| 46,1 kV – 72,5 kV                         | 3,0                               | 2,5                 | 1,0                                                                       | 0,7                                |
| 72,6 kV – 121 kV                          | 3,3                               | 2,5                 | 1,0                                                                       | 0,8                                |
| 138 kV - 145 kV                           | 3,4                               | 3,0                 | 1,2                                                                       | 1,0                                |
| 161 kV - 169 kV                           | 3,6                               | 3,6                 | 1,3                                                                       | 1,1                                |
| 230 kV - 242 kV                           | 4,0                               | 4,0                 | 1,7                                                                       | 1,6                                |
| 345 kV - 362 kV                           | 4,7                               | 4,7                 | 2,8                                                                       | 2,6                                |
| 500 kV – 550 kV                           | 5,8                               | 5,8                 | 3,6                                                                       | 3,5                                |

**Tabla 17** Cálculo de fabricación, salón UPS (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

| ACTIVIDAD                                                                                   | UND. | CANT. | V. UNIT.   | V. TOTAL            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|------------|---------------------|
| <b>CERRAMIENTO PARA SALON UPS PROCESO UHT</b>                                               |      |       |            |                     |
| columnetas 20*20 en concreto de 3000 psi reforzado con tres varillas de 1/2" y aros de 3/8" | ml   | 9     | \$ 175.000 | \$ 1.575.000        |
| viga dintel                                                                                 | ml   | 20    | \$ 53.000  | \$ 1.060.000        |
| mampostería ,10                                                                             | m2   | 21    | \$ 48.000  | \$ 1.008.000        |
| Puerta aluminio                                                                             | und  | 1     | \$ 850.000 | \$ 850.000          |
| cielo raso                                                                                  | m2   | 24    | \$ 47.000  | \$ 931.728          |
| Plantilla de nivelación                                                                     | m2   | 18,82 | \$ 37.000  | \$ 696.340          |
| Enchape de piso                                                                             | m2   | 19,82 | \$ 65.000  | \$ 1.288.300        |
| <b>GRAN TOTAL OBRA ENTREGADA</b>                                                            |      |       |            | <b>\$ 4.493.000</b> |



**Tabla 18** Resumen de fallas eléctricas, Colanta, Planeta Rica. Elaborado por Aux. Mantenimiento-Ing. Hugo Reyes Brun

| NÚMERO DE FALLO | FECHAS     | NUMERO DEL REPORTE |
|-----------------|------------|--------------------|
| 1               | 2/01/2021  |                    |
| 2               | 8/01/2021  | 5343165            |
| 3               | 9/01/2021  |                    |
| 4               | 4/02/2021  | 6342702            |
| 5               | 6/02/2021  |                    |
| 6               | 27/02/2021 | 5364950            |
| 7               | 6/03/2021  | 6361436            |
| 8               | 18/03/2021 | 6369203            |
| 9               | 23/03/2021 |                    |
| 10              | 27/03/2021 | 4882               |
| 11              | 30/03/2021 |                    |
| 12              | 31/03/2021 |                    |
| 13              | 1/04/2021  | 6379004            |
| 15              | 5/04/2021  |                    |
| 16              | 18/04/2021 |                    |
| 17              | 2/05/2021  |                    |
| 18              | 4/05/2021  |                    |
| 19              | 12/05/2021 | 5403961            |
| 20              | 13/05/2021 | 6411498            |
| 21              | 18/05/2021 |                    |
| 22              | 22/05/2021 |                    |
| 23              | 1/06/2021  |                    |
| 24              | 15/06/2021 |                    |
| 25              | 18/06/2021 | 5424352            |
| 26              | 20/06/2021 | 6438695            |
| 27              | 29/06/2021 |                    |
| 28              | 30/06/2021 |                    |
| 29              | 2/07/2021  | 6450363            |
| 30              | 3/07/2021  |                    |
| 31              | 6/07/2021  |                    |



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



Continuación de la Tabla 15 Resumen de fallas eléctricas, Colanta, Planeta Rica.

Elaborado por Aux. Mantenimiento-Ing. Hugo Reyes Brun

| NÚMERO DE FALLO | FECHAS     | NUMERO DEL REPORTE |
|-----------------|------------|--------------------|
| 32              | 7/07/2021  |                    |
| 33              | 13/07/2021 | 5439158            |
| 34              | 17/07/2021 |                    |
| 35              | 25/07/2021 | 6470713            |
| 36              | 27/07/2021 |                    |
| 37              | 29/07/2021 |                    |
| 38              | 3/08/2021  | 5452387            |
| 39              | 7/08/2021  | 5455177            |
| 40              | 8/08/2021  | 6483953            |
| 41              | 24/08/2021 |                    |
| 42              | 26/08/2021 |                    |
| 43              | 30/08/2021 | 595                |

**Tabla 19** Catálogo de CENTELSA (CENTELSA, 2021)

| Conductor |             |          | Espesor Aislamiento | Espesor Cubierta | Diámetro Exterior Aproximado | Peso Total Aproximado | Ampacidad <sup>®</sup> |
|-----------|-------------|----------|---------------------|------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Tipo      | Calibre     | Diámetro |                     |                  |                              |                       |                        |
|           | AWG / kcmil | mm       | mm                  | mm               | mm                           | kg/km                 | A                      |
| Alambre   | 14          | 1,63     | 0,38                | 0,10             | 2,73                         | 23                    | 25                     |
|           | 12          | 2,05     | 0,38                | 0,10             | 3,15                         | 35                    | 30                     |
|           | 10          | 2,59     | 0,51                | 0,10             | 3,95                         | 56                    | 40                     |
|           | 8           | 3,26     | 0,75                | 0,13             | 5,20                         | 91                    | 55                     |
|           | 14          | 1,79     | 0,38                | 0,10             | 2,89                         | 25                    | 25                     |
| Cable     | 12          | 2,26     | 0,38                | 0,10             | 3,36                         | 37                    | 30                     |
|           | 10          | 2,85     | 0,51                | 0,10             | 4,21                         | 59                    | 40                     |
|           | 8           | 3,59     | 0,75                | 0,13             | 5,53                         | 96                    | 55                     |
|           | 6           | 4,53     | 0,75                | 0,13             | 6,47                         | 146                   | 75                     |
|           | 4           | 5,71     | 1,02                | 0,15             | 8,23                         | 233                   | 95                     |
|           | 2           | 7,20     | 1,02                | 0,15             | 9,72                         | 356                   | 130                    |
|           | 1           | 7,95     | 1,27                | 0,18             | 11,05                        | 450                   | 150                    |
|           | 1/0         | 8,93     | 1,27                | 0,18             | 12,03                        | 558                   | 170                    |
|           | 2/0         | 10,02    | 1,27                | 0,18             | 13,12                        | 693                   | 195                    |
|           | 3/0         | 11,25    | 1,27                | 0,18             | 14,35                        | 862                   | 225                    |
|           | 4/0         | 12,64    | 1,27                | 0,18             | 15,74                        | 1074                  | 260                    |
|           | 250         | 14,18    | 1,52                | 0,20             | 17,86                        | 1282                  | 290                    |

**Por una universidad con calidad, moderna e incluyente**

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 [www.unicordoba.edu.co](http://www.unicordoba.edu.co)



## UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**Tabla 20** Costos de potabilización de agua. Elaborado por Auxiliar Ambiental Colanta  
Planeta Rica

| DESCRIPCIÓN                        | UNIDAD | JUNIO         | JULIO         | AGOSTO        | SEPTIEMBRE    |
|------------------------------------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Días Contables                     |        | 30            | 31            | 31            | 30            |
| Consumo total de agua              | m3     | 10.184,30     | 8.766,30      | 7.405,10      | 5.820,80      |
| Consumo agua acueducto             | m3     | 7458,80       | 7635,10       | 7.400,00      | 7.545,10      |
| Consumo agua pozo profundo         | m3     | 0             | 0             | 0             | 0             |
| Costo total potabilización agua    | \$     | 36.649.355,00 | 40.411.842,90 | 42.505.348,00 | 41.469.267,00 |
| Costo unitario potabilización agua | \$/m3  | 3.598,61      | 4.609,91      | 5.740,01      | 7.124,32      |
| Costo acueducto                    | \$     | 19.032.828,90 | 19.464.097,40 | 18.848.520,60 | 19.224.210,1  |

**Tabla 21** Propiedades termodinámicas de agua a diferentes presiones. (Cengel & Boles, 2011)

Agua saturada. Tabla de presiones (conclusión)

| Pres.,<br>P kPa | Temp.<br>sat.,<br>$T_{sat}$ °C | Volumen específico,<br>$m^3/kg$ |                         | Energía interna,<br>$kJ/kg$ |                    |                         | Entalpía,<br>$kJ/kg$    |                    |                         | Entropía,<br>$kJ/kg \cdot K$ |                    |                         |
|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|
|                 |                                | Líqu.<br>sat.,<br>$v_f$         | Vapor<br>sat.,<br>$v_g$ | Líqu.<br>sat.,<br>$u_f$     | Evap.,<br>$u_{fg}$ | Vapor<br>sat.,<br>$u_g$ | Líqu.<br>sat.,<br>$h_f$ | Evap.,<br>$h_{fg}$ | Vapor<br>sat.,<br>$h_g$ | Líqu.<br>sat.,<br>$s_f$      | Evap.,<br>$s_{fg}$ | Vapor<br>sat.,<br>$s_g$ |
| 800             | 170.41                         | 0.001115                        | 0.24035                 | 719.97                      | 1856.1             | 2576.0                  | 720.87                  | 2047.5             | 2768.3                  | 2.0457                       | 4.6160             | 6.6616                  |
| 850             | 172.94                         | 0.001118                        | 0.22690                 | 731.00                      | 1846.9             | 2577.9                  | 731.95                  | 2038.8             | 2770.8                  | 2.0705                       | 4.5705             | 6.6409                  |
| 900             | 175.35                         | 0.001121                        | 0.21489                 | 741.55                      | 1838.1             | 2579.6                  | 742.56                  | 2030.5             | 2773.0                  | 2.0941                       | 4.5273             | 6.6213                  |
| 950             | 177.66                         | 0.001124                        | 0.20411                 | 751.67                      | 1829.6             | 2581.3                  | 752.74                  | 2022.4             | 2775.2                  | 2.1166                       | 4.4862             | 6.6027                  |
| 1000            | 179.88                         | 0.001127                        | 0.19436                 | 761.39                      | 1821.4             | 2582.8                  | 762.51                  | 2014.6             | 2777.1                  | 2.1381                       | 4.4470             | 6.5850                  |
| 1100            | 184.06                         | 0.001133                        | 0.17745                 | 779.78                      | 1805.7             | 2585.5                  | 781.03                  | 1999.6             | 2780.7                  | 2.1785                       | 4.3735             | 6.5520                  |
| 1200            | 187.96                         | 0.001138                        | 0.16326                 | 796.96                      | 1790.9             | 2587.8                  | 798.33                  | 1985.4             | 2783.8                  | 2.2159                       | 4.3058             | 6.5217                  |
| 1300            | 191.60                         | 0.001144                        | 0.15119                 | 813.10                      | 1776.8             | 2589.9                  | 814.59                  | 1971.9             | 2786.5                  | 2.2508                       | 4.2428             | 6.4936                  |
| 1400            | 195.04                         | 0.001149                        | 0.14078                 | 828.35                      | 1763.4             | 2591.8                  | 829.96                  | 1958.9             | 2788.9                  | 2.2835                       | 4.1840             | 6.4675                  |
| 1500            | 198.29                         | 0.001154                        | 0.13171                 | 842.82                      | 1750.6             | 2593.4                  | 844.55                  | 1946.4             | 2791.0                  | 2.3143                       | 4.1287             | 6.4430                  |

**Por una universidad con calidad, moderna e incluyente**

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 [www.unicordoba.edu.co](http://www.unicordoba.edu.co)



# UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**Tabla 22** Propiedades termodinámicas de agua a diferentes temperaturas. (Cengel & Boles, 2011)

Agua saturada. Tabla de temperaturas

| Temp.,<br>$T$ °C | Pres.<br>sat.,<br>$P_{sat}$ kPa | Volumen específico,<br>$m^3/kg$ |                         | Energía interna,<br>$kJ/kg$ |                    |                         | Entalpía,<br>$kJ/kg$    |                    |                         | Entropía,<br>$kJ/kg \cdot K$ |                    |                         |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|
|                  |                                 | Líqu.<br>sat.,<br>$v_f$         | Vapor<br>sat.,<br>$v_g$ | Líqu.<br>sat.,<br>$u_f$     | Evap.,<br>$u_{fg}$ | Vapor<br>sat.,<br>$u_g$ | Líqu.<br>sat.,<br>$h_f$ | Evap.,<br>$h_{fg}$ | Vapor<br>sat.,<br>$h_g$ | Líqu.<br>sat.,<br>$s_f$      | Evap.,<br>$s_{fg}$ | Vapor<br>sat.,<br>$s_g$ |
| 0.01             | 0.6117                          | 0.001000                        | 206.00                  | 0.000                       | 2374.9             | 2374.9                  | 0.001                   | 2500.9             | 2500.9                  | 0.0000                       | 9.1556             | 9.1556                  |
| 5                | 0.8725                          | 0.001000                        | 147.03                  | 21.019                      | 2360.8             | 2381.8                  | 21.020                  | 2489.1             | 2510.1                  | 0.0763                       | 8.9487             | 9.0249                  |
| 10               | 1.2281                          | 0.001000                        | 106.32                  | 42.020                      | 2346.6             | 2388.7                  | 42.022                  | 2477.2             | 2519.2                  | 0.1511                       | 8.7488             | 8.8999                  |
| 15               | 1.7057                          | 0.001001                        | 77.885                  | 62.980                      | 2332.5             | 2395.5                  | 62.982                  | 2465.4             | 2528.3                  | 0.2245                       | 8.5559             | 8.7803                  |
| 20               | 2.3392                          | 0.001002                        | 57.762                  | 83.913                      | 2318.4             | 2402.3                  | 83.915                  | 2453.5             | 2537.4                  | 0.2965                       | 8.3696             | 8.6661                  |
| 25               | 3.1698                          | 0.001003                        | 43.340                  | 104.83                      | 2304.3             | 2409.1                  | 104.83                  | 2441.7             | 2546.5                  | 0.3672                       | 8.1895             | 8.5567                  |
| 30               | 4.2469                          | 0.001004                        | 32.879                  | 125.73                      | 2290.2             | 2415.9                  | 125.74                  | 2429.8             | 2555.6                  | 0.4368                       | 8.0152             | 8.4520                  |
| 35               | 5.6291                          | 0.001006                        | 25.205                  | 146.63                      | 2276.0             | 2422.7                  | 146.64                  | 2417.9             | 2564.6                  | 0.5051                       | 7.8466             | 8.3517                  |
| 40               | 7.3851                          | 0.001008                        | 19.515                  | 167.53                      | 2261.9             | 2429.4                  | 167.53                  | 2406.0             | 2573.5                  | 0.5724                       | 7.6832             | 8.2556                  |
| 45               | 9.5953                          | 0.001010                        | 15.251                  | 188.43                      | 2247.7             | 2436.1                  | 188.44                  | 2394.0             | 2582.4                  | 0.6386                       | 7.5247             | 8.1633                  |
| 50               | 12.352                          | 0.001012                        | 12.026                  | 209.33                      | 2233.4             | 2442.7                  | 209.34                  | 2382.0             | 2591.3                  | 0.7038                       | 7.3710             | 8.0748                  |
| 55               | 15.763                          | 0.001015                        | 9.5639                  | 230.24                      | 2219.1             | 2449.3                  | 230.26                  | 2369.8             | 2600.1                  | 0.7680                       | 7.2218             | 7.9898                  |
| 60               | 19.947                          | 0.001017                        | 7.6670                  | 251.16                      | 2204.7             | 2455.9                  | 251.18                  | 2357.7             | 2608.8                  | 0.8313                       | 7.0769             | 7.9082                  |
| 65               | 25.043                          | 0.001020                        | 6.1935                  | 272.09                      | 2190.3             | 2462.4                  | 272.12                  | 2345.4             | 2617.5                  | 0.8937                       | 6.9360             | 7.8296                  |
| 70               | 31.202                          | 0.001023                        | 5.0396                  | 293.04                      | 2175.8             | 2468.9                  | 293.07                  | 2333.0             | 2626.1                  | 0.9551                       | 6.7989             | 7.7540                  |
| 75               | 38.597                          | 0.001026                        | 4.1291                  | 313.99                      | 2161.3             | 2475.3                  | 314.03                  | 2320.6             | 2634.6                  | 1.0158                       | 6.6655             | 7.6812                  |
| 80               | 47.416                          | 0.001029                        | 3.4053                  | 334.97                      | 2146.6             | 2481.6                  | 335.02                  | 2308.0             | 2643.0                  | 1.0756                       | 6.5355             | 7.6111                  |
| 85               | 57.868                          | 0.001032                        | 2.8261                  | 355.96                      | 2131.9             | 2487.8                  | 356.02                  | 2295.3             | 2651.4                  | 1.1346                       | 6.4089             | 7.5435                  |
| 90               | 70.183                          | 0.001036                        | 2.3593                  | 376.97                      | 2117.0             | 2494.0                  | 377.04                  | 2282.5             | 2659.6                  | 1.1929                       | 6.2853             | 7.4782                  |
| 95               | 84.609                          | 0.001040                        | 1.9808                  | 398.00                      | 2102.0             | 2500.1                  | 398.09                  | 2269.6             | 2667.6                  | 1.2504                       | 6.1647             | 7.4151                  |

**Tabla 23** Poder calorífico del gas natural tomado de factura de gas natural de fecha de Mato de año 2021. Tomado de: Colanta, Planeta Rica

| Día Semana | Fecha<br>(dd/mm/aaaa) | Recibido m3 | Poder<br>Calorífico<br>(Btu/ft3) | m3<br>corregidos | MBTU<br>Recibidos | Variaciones Nominación |                       |             | Distribución de MBTU por<br>bandas (1) |                          | Distribución de MBTU por<br>bandas (2) |  |
|------------|-----------------------|-------------|----------------------------------|------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|-------------|----------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|--|
|            |                       |             |                                  |                  |                   | MBTU<br>Nominado       | Variación<br>Absoluta | Variación % | Firme (Hasta<br>9.999.999<br>MBTU)     | Cálculo de<br>Inferiores | Firme (Hasta<br>9.999.999<br>MBTU)     |  |
| sábado     | 01/05/2021            | 15.357      | 1.004,28                         |                  | 545               |                        |                       |             | 545                                    |                          | 545                                    |  |
| domingo    | 02/05/2021            | 15.913      | 1.004,28                         |                  | 564               |                        |                       |             | 564                                    |                          | 564                                    |  |
| lunes      | 03/05/2021            | 16.167      | 1.004,28                         |                  | 573               |                        |                       |             | 573                                    |                          | 573                                    |  |
| martes     | 04/05/2021            | 15.947      | 1.004,28                         |                  | 566               |                        |                       |             | 566                                    |                          | 566                                    |  |
| miércoles  | 05/05/2021            | 12.760      | 1.004,28                         |                  | 453               |                        |                       |             | 453                                    |                          | 453                                    |  |
| jueves     | 06/05/2021            | 14.591      | 1.004,28                         |                  | 517               |                        |                       |             | 517                                    |                          | 517                                    |  |
| viernes    | 07/05/2021            | 16.186      | 1.004,28                         |                  | 574               |                        |                       |             | 574                                    |                          | 574                                    |  |
| sábado     | 08/05/2021            | 14.331      | 1.004,28                         |                  | 508               |                        |                       |             | 508                                    |                          | 508                                    |  |
| domingo    | 09/05/2021            | 17.424      | 1.004,28                         |                  | 618               |                        |                       |             | 618                                    |                          | 618                                    |  |
| lunes      | 10/05/2021            | 14.022      | 1.004,28                         |                  | 497               |                        |                       |             | 497                                    |                          | 497                                    |  |
| martes     | 11/05/2021            | 17.277      | 1.004,28                         |                  | 613               |                        |                       |             | 613                                    |                          | 613                                    |  |
| miércoles  | 12/05/2021            | 2.995       | 1.004,28                         |                  | 106               |                        |                       |             | 106                                    |                          | 106                                    |  |

**Por una universidad con calidad, moderna e incluyente**

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 [www.unicordoba.edu.co](http://www.unicordoba.edu.co)