

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO  
PARA MOLDES DE PAN EN ACERO ALUMINIZADO, EN EL  
ÁREA DE RECIRCULACIÓN DE MOLDES EN LA EMPRESA MODERNA  
ALIMENTOS S.A. PLANTA QUITO.**

**AUTORES:**

**SANTIAGO DAVID ECHEVERRIA ORMAZA  
HOLGUER XAVIER PASQUEL POVEA**

**TUTOR:**

**ING. VICTOR HUGO CABRERA MORETA**

**Quito, Noviembre de 2018**

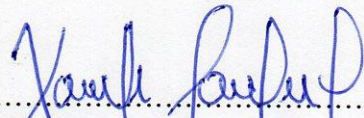
## Cesión de derechos de autor

Nosotros, Santiago David Echeverría Ormaza con documento de identificación N° 1721258323 y Holguer Xavier Pasquel Povea con documento de identificación N° 1716488059, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “Diseño y construcción de un sistema de enfriamiento para moldes de pan en acero aluminizado, en el área de recirculación de moldes en la empresa Moderna Alimentos S.A. Planta Quito”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la ley de propiedad intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....  
Santiago David Echeverría Ormaza  
Cédula: 1721258323  
Fecha: Quito, julio de 2018

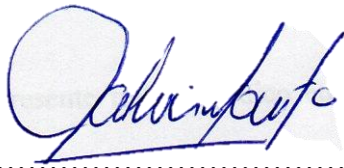


.....  
Holguer Xavier Pasquel Povea  
Cédula: 1716488059

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Diseño y construcción de un sistema de enfriamiento para moldes de pan en acero aluminizado, en el área de recirculación de moldes en la empresa Moderna Alimentos S.A. Planta Quito, realizado por Santiago David Echeverría Ormaza y Holguer Xavier Pasquel Povea, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio de 2018



Ing. Víctor Hugo Cabrera Moreta

Cédula: 1714864657

## **Dedicatoria**

Dedico el presente trabajo en primer lugar a Dios por permitirme cumplir uno de mis propósitos, en segundo lugar a mis padres, que incansablemente se han preocupado por mí y me apoyaron en todo momento con sus consejos y palabras de aliento, de igual manera a mi esposa e hija, que han sido mi motor para salir adelante, alcanzar todas mis metas y objetivos propuestos con su incansable amor y paciencia que me brindan día a día, a todos los que conforman la empresa Moderna Alimentos S.A., en especial al área de Mantenimiento que me abrió sus puertas y confiaron en mí, a mis amigos en general que me animan a seguir adelante.

Santiago David Echeverría Ormaza.

El presente trabajo dedico en primer lugar a Dios quien me dio la sabiduría y el entendimiento para que el día de hoy este cumpliendo una meta más de mi vida, en segundo lugar a mis padres que siempre estuvieron a mi lado y me supieron guiar en todo momento, dedico el trabajo a mis hermanas Janneth y Margarita que con sus palabras de aliento y su apoyo me ayudaron a llegar hasta aquí, de igual manera a mi esposa Andrea y mi bebé que son el pilar por el cual voy a luchar toda la vida. A toda mi familia Melissa, Emilio, Martin, Adrián, Roberto y Fernando que siempre estuvieron presentes en cada paso de este camino. Dedico el presente a Moderna Alimentos S.A, quien nos dio la oportunidad de plasmar nuestro conocimiento en el presente trabajo. A todos mis amigos que siempre estuvieron ahí. Gracias

Holguer Xavier Pasquel Povea

## **Agradecimiento**

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarnos la oportunidad de ser unos profesionales de esta noble institución. A nuestro tutor Ing. Víctor Hugo Cabrera que con sus conocimientos y recomendaciones técnicas nos guio de la mejor manera para la culminación del proyecto. A todos los docentes que nos impartieron sus conocimientos y experiencias que siempre aportando para que tengamos buenas bases y ser unos excelentes profesionales. Al personal administrativo en general de la Universidad Politécnica Salesiana que por nuestro paso en la Institución hicieron una estadía grata, llena de satisfacción, recuerdos inolvidables, experiencias únicas grandes amigos y excelentes profesionales.

Le damos un especial agradecimiento a la empresa Moderna Alimentos S.A quien nos colaboró con la apertura de su empresa y la viabilidad para realizar nuestro proyecto, a Alejandro Nicola Gerente Nacional de Mantenimiento por la confianza brindada, y a todo el equipo que conforma el área de Mantenimiento por su disponibilidad y apoyo para que el proyecto salga adelante, estar siempre dispuesto ayudarnos en lo necesario para la culminación del mismo, a nuestras familias que siempre estuvieron apoyándonos en todo momento y dando fuerzas para salir adelante.

A todos ustedes muchas gracias.

Santiago David Echeverría Ormaza – Holger Xavier Pasquel Povea

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN .....                            | 1  |
| Problema de estudio .....                     | 2  |
| Justificación del Proyecto.....               | 3  |
| OBJETIVOS .....                               | 4  |
| Grupo Objetivo.....                           | 4  |
| Objetivo General .....                        | 4  |
| Objetivos Específicos .....                   | 4  |
| CAPÍTULO 1 .....                              | 5  |
| 1.1    Calor y temperatura .....              | 5  |
| 1.1.1    Calor.....                           | 5  |
| 1.1.2    Temperatura .....                    | 5  |
| 1.2    Métodos de transferencia de calor..... | 6  |
| 1.2.1    Convección.....                      | 6  |
| 1.2.2    Tipos de convección existentes.....  | 7  |
| 1.3    Fluido.....                            | 8  |
| 1.3.1    Tipos de fluidos.....                | 8  |
| 1.4    Neumática.....                         | 9  |
| 1.5    Electroválvulas .....                  | 9  |
| 1.5.1    Tipos de electroválvulas.....        | 10 |
| 1.6    Material Acero Aluminizado.....        | 12 |

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| 1.7              | Automatización.....                                  | 13 |
| 1.7.1            | Automatización con PLC .....                         | 13 |
| 1.7.2            | Ventajas y desventajas en el empleo de los PLC ..... | 14 |
| 1.7.3            | Lenguajes de Programación de PLC's .....             | 15 |
| 1.8              | Elementos de programación .....                      | 15 |
| 1.9              | Programación.....                                    | 17 |
| 1.9.1            | Lenguaje Booleano.....                               | 18 |
| 1.10             | Extractores de aire .....                            | 18 |
| 1.10.1           | Tipos de extractores de aire.....                    | 19 |
| 1.11             | Elementos finitos .....                              | 20 |
| CAPÍTULO 2 ..... |  | 22 |
| 2.1              | Alternativa 1 .....                                  | 22 |
| 2.1.1            | Ventajas.....  | 23 |
| 2.1.2            | Desventajas .....                                    | 23 |
| 2.2              | Alternativa 2 .....                                  | 24 |
| 2.2.1            | Ventajas.....  | 24 |
| 2.2.2            | Desventajas .....                                    | 25 |
| 2.3              | Alternativa 3 .....                                  | 25 |
| 2.3.1            | Ventajas.....  | 26 |
| 2.3.2            | Desventajas .....                                    | 27 |
| 2.4              | Parámetros para la ponderación.....                  | 27 |

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| 2.4.1            | Costo de fabricación.....   | 28 |
| 2.4.2            | Capacidad de enfriamiento en los moldes de pan .....                            | 28 |
| 2.4.3            | Facilidad de construcción.....  | 28 |
| 2.4.4            | Facilidad de mantenimiento .....  | 29 |
| 2.4.5            | Costos de operación .....   | 30 |
| 2.4.6            | Impacto de extracción de calor en la temperatura ambiente de la Planta<br>..... | 30 |
| 2.5              | Ponderación .....   | 30 |
| CAPÍTULO 3 ..... |   | 32 |
| 3.1              | Diseño del bastidor.....  | 32 |
| 3.1.1            | Análisis del elemento crítico .....   | 32 |
| 3.1.2            | Análisis del bastidor mediante Solid Works 2017 .....                           | 38 |
| 3.2              | Diseño de la campana de extracción de vapor.....                                | 39 |
| 3.2.1            | Resultados del análisis .....   | 40 |
| 3.3              | Sistema de electroválvulas .....  | 42 |
| 3.3.1            | Válvula de cierre .....   | 43 |
| 3.3.2            | Unidad de filtro y regulador .....  | 43 |
| 3.3.3            | Silenciador.....  | 44 |
| 3.3.4            | Listón distribuidor.....  | 44 |
| 3.3.5            | Electroválvula de agua .....  | 45 |
| 3.3.6            | Conjunto eléctrico para electroválvula de agua .....                            | 46 |



|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.3.7   | Válvula electro neumática doble .....                           | 46 |
| 3.3.8   | Válvula electro neumática.....                                  | 47 |
| 3.3.9   | Conjunto eléctrico para válvula electro neumática .....         | 47 |
| 3.4     | Sistema de aspersión.....                                       | 48 |
| 3.4.1   | Varilla roscada .....   | 48 |
| 3.4.2   | Tubo tipo flauta.....   | 49 |
| 3.4.3   | Selección de boquillas de agua y aire .....                     | 50 |
| 3.4.4   | Mangueras de distribución de agua y aire.....                   | 51 |
| 3.4.5   | Elementos de acople rápido .....                                | 52 |
| 3.4.6   | Sensor inductivo.....   | 55 |
| 3.5     | Cálculo de los fluidos .....                                    | 56 |
| 3.5.1   | Consumo de agua .....   | 57 |
| 3.5.2   | Consumo de aire comprimido .....                                | 58 |
| 3.6     | Enfriamiento del molde .....                                    | 60 |
| 3.6.1   | Cálculo de transferencia de calor .....                         | 60 |
| 3.6.2   | Simulación del sistema de enfriamiento en Solid Works 2017..... | 65 |
| 3.6.2.1 | Etapa 1 .....   | 66 |
| 3.6.2.2 | Etapa 2 .....   | 66 |
| 3.6.2.3 | Etapa 3 .....   | 67 |
| 3.6.2.4 | Etapa 4 .....   | 67 |
| 3.7     | Selección del PLC .....   | 68 |

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| 3.8             | Cálculos eléctricos.....  | 71 |
| 3.8.1           | Consumo energético de motor trifásico .....                                     | 71 |
| 3.8.2           | Consumo energético fuente de poder Sitop PSU 200M.....                          | 73 |
| 3.8.3           | Consumo energético del PLC Simatic S7-1200.....                                 | 74 |
| 3.8.4           | Consumo energético de pantalla Simatic HMI KTP 400 BASIC .....                  | 76 |
| 3.8.5           | Consumo energético de aire comprimido .....                                     | 77 |
| 3.8.6           | Consumo energético total enfriador de moldes.....                               | 79 |
| CAPÍTULO 4..... |   | 81 |
| 4.1             | Análisis de resultados.....   | 81 |
| 4.1.1           | Procedimiento de trabajo para toma de temperaturas de entrada y de salida ..... | 81 |
| 4.1.2           | Parametros a considerar .....   | 82 |
| 4.1.3           | Datos obtenidos.....  | 83 |
| 4.1.4           | Resultados .....  | 89 |
| 4.1.5           | Diagrama de procesos de la Planta.....  | 91 |
| 4.2             | Payback Period .....  | 94 |
| 4.3             | Análisis de costos .....  | 95 |
| 4.3.1           | Inversión inicial.....  | 95 |
| 4.3.2           | Costos de depreciación.....   | 97 |
| 4.3.3           | Proyección de ingresos anuales.....   | 99 |
| 4.3.4           | Tasa mínima aceptable de rendimiento.....                                       | 99 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.3.5 | Calculo del VAN y el TIR .....   | 100 |
|       | CONCLUSIONES .....   | 103 |
|       | RECOMENDACIONES .....  | 104 |
| 1     | Bibliografía .....   | 105 |
|       | ANEXO A: BLOQUES DE PROGRAMACION DE AUTOMATIZACION DE<br>ENFRIADOR DE MOLDES ..... | 109 |
|       | ANEXO B: DIAGRAMAS NEUMATICOS Y ELECTRICOS .....                                   | 114 |
|       | ANEXO C: FICHAS TÉCNICAS .....   | 116 |
|       | ANEXO D: ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN SOLID WORKS .....                                 | 119 |
|       | ANEXO E: ANÁLISIS TÉRMICO EN SOLID WORKS .....                                     | 121 |
|       | ANEXO F: CARACTERÍSTICAS PLC S7-1200 .....   | 123 |
|       | ANEXO H: PLANOS .....  | 123 |

## INDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1. Simbología de programación LADDER .....                | 16  |
| Tabla 2. Ponderación de análisis de alternativas.....           | 31  |
| Tabla 3. Tabla de factor de longitud efectiva .....             | 34  |
| Tabla 4. Propiedades estructurales del perfil .....             | 35  |
| Tabla 5. Esfuerzo permisible $F_a$ .....                        | 36  |
| Tabla 6. Características de la electroválvula de agua .....     | 45  |
| Tabla 7. Características de la boquilla H-U .....               | 50  |
| Tabla 8. Datos de temperatura tomados en el primer día.....     | 83  |
| Tabla 9. Datos de temperatura obtenidos en el segundo día.....  | 84  |
| Tabla 10. Datos de temperatura obtenidos en el tercer día ..... | 85  |
| Tabla 11. Datos de temperatura obtenidos en el cuarto día ..... | 87  |
| Tabla 12. Datos de temperatura obtenidos en el quinto día.....  | 88  |
| Tabla 13. Costos de insumos.....                                | 95  |
| Tabla 14. Costos de materia prima.....                          | 96  |
| Tabla 15. Costos de mano de obra .....                          | 96  |
| Tabla 16. Costos ingenieriles .....                             | 97  |
| Tabla 17. Depreciación calculada para el proyecto .....         | 98  |
| Tabla 18. Proyección de ingresos por año .....                  | 99  |
| Tabla 19. Cálculo del VAN y el TIR .....                        | 102 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura. 1 Esquema de métodos de transferencia de calor .....                       | 6  |
| Figura. 2 Enfriamiento de un huevo cocido por convección natural y forzada .....   | 7  |
| Figura. 3 Válvula de acción directa.....   | 10 |
| Figura. 4 Válvula de acción indirecta .....  | 10 |
| Figura. 5 Válvula de acción mixta .....  | 11 |
| Figura. 6 Electroválvula según el número de vías .....                             | 11 |
| Figura. 7 Esquema de programación Ladder .....                                     | 17 |
| Figura. 8 Programación Booleana.....   | 18 |
| Figura. 9 Extractor con motor axial .....  | 19 |
| Figura. 10 Extractor con motor centrífugo.....                                     | 20 |
| Figura. 11 Extractor de intercalado en conductos .....                             | 20 |
| Figura. 12 Ejemplo de un elemento finito utilizado para análisis estructural ..... | 21 |
| Figura. 13 Ejemplo de tanque de agua de acero inoxidable.....                      | 23 |
| Figura. 14 Ejemplo de sistema de ventiladores.....                                 | 24 |
| Figura. 15 Enfriador mediante sistema de aspersión mixta .....                     | 26 |
| Figura. 16 Gráfica de ponderación de alternativas.....                             | 31 |
| Figura. 17 Elemento crítico en el bastidor .....                                   | 32 |
| Figura. 18 Diagrama de cuerpo libre del elemento crítico .....                     | 34 |
| Figura. 19 Esfuerzo máximo del bastidor .....                                      | 38 |
| Figura. 20 Desplazamiento del bastidor.....  | 39 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura. 21 | Esfuerzo máximo de la campana .....                    | 41 |
| Figura. 22 | Desplazamiento de la campana.....                      | 41 |
| Figura. 23 | Factor de seguridad.....                               | 42 |
| Figura. 24 | Sistema de electro válvulas.....                       | 43 |
| Figura. 25 | Detalle válvula de cierre .....                        | 43 |
| Figura. 26 | Detalle unidad de filtro y regulador.....              | 44 |
| Figura. 27 | Silenciador .....                                      | 44 |
| Figura. 28 | Listón distribuido.....                                | 45 |
| Figura. 29 | Conjunto de electroválvula de agua.....                | 46 |
| Figura. 30 | Detalle de válvula electro neumática doble .....       | 47 |
| Figura. 31 | Detalle de válvula electro neumática.....              | 47 |
| Figura. 32 | Conjunto eléctrico para válvula electro neumática..... | 48 |
| Figura. 33 | Unión con varilla roscada .....                        | 49 |
| Figura. 34 | Longitud del tubo y distancia entre agujeros .....     | 50 |
| Figura. 35 | Boquilla de tipo rociador .....                        | 50 |
| Figura. 36 | Mangueras de distribución de agua y aire .....         | 52 |
| Figura. 37 | Detalle racor rápido en T .....                        | 52 |
| Figura. 38 | Detalle de racor rápido roscado .....                  | 53 |
| Figura. 39 | Modelo válvula de estrangulación.....                  | 53 |
| Figura. 40 | Detalle válvula anti retorno .....                     | 54 |
| Figura. 41 | Detalle racor rápido en L.....                         | 54 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Figura. 42 | Detalle pasamuros.....  | 55  |
| Figura. 43 | Sensor Ni75U - Q80 - VP4X2 - H1141 .....                      | 56  |
| Figura. 44 | Esquema del sistema de aspersión de agua y aire.....          | 56  |
| Figura. 45 | Dimensiones del molde a analizar .....                        | 60  |
| Figura. 46 | Bosquejo de convección generada en el enfriador .....         | 61  |
| Figura. 47 | Análisis térmico en la primera etapa .....                    | 66  |
| Figura. 48 | Análisis térmico en la segunda etapa.....                     | 66  |
| Figura. 49 | Análisis térmico en la tercera etapa .....                    | 67  |
| Figura. 50 | Análisis térmico en la cuarta etapa .....                     | 67  |
| Figura. 51 | Partes del PLC S7-1200.....                                   | 69  |
| Figura. 52 | Diagrama de flujo de la programación .....                    | 70  |
| Figura. 53 | Características del motor trifásico .....                     | 71  |
| Figura. 54 | Fuente de poder SITOP PSU200M.....                            | 73  |
| Figura. 55 | PLC SIMATIC S7-1200.....                                      | 74  |
| Figura. 56 | Pantalla Simatic HMI KTP 400 BASIC .....                      | 76  |
| Figura. 57 | Compresor Kaeser .....  | 77  |
| Figura. 58 | Gráfica de temperaturas de entrada .....                      | 89  |
| Figura. 59 | Gráfica de temperaturas de salida.....                        | 90  |
| Figura. 60 | Periodo de muestreo a la entrada y salida del enfriador ..... | 90  |
| Figura. 61 | Diagrama de procesos de la Planta .....                       | 93  |
| Figura. 62 | Promedio de inflación anual según INEC .....                  | 100 |

## GLOSARIO

Factibilidad: Disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados. [1]

Transferencia de energía: Se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja y esa transferencia se detiene cuando ambas alcanzan la misma temperatura. [2]

Transferencia de Calor: Es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas. [3]

Principio de conservación de la energía: Éste expresa que, durante una interacción la energía puede cambiar de una forma a otra pero su cantidad total permanece constante. [4]

Fluidos: Sustancia que se encuentra en estado líquido o gaseoso. [5]

Automatización: Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.

Molde: Pieza en que se hace en hueco la forma que quiere darse en sólido a la materia que se vacía en él: un metal, un plástico. [1]

Acero Aluminizado: Acero revestido con una aleación de aluminio-silicio por el proceso de inmersión en caliente. La aleación contiene 5-11% de silicio para promover una mejor adherencia. [6]



## RESUMEN

El presente proyecto consiste en el mejoramiento del proceso continuo que existe en la empresa Moderna Alimentos S.A., así como la ergonomía del operador, las elevadas temperaturas que existe dentro de Planta y el previo leudado que se genera en el pan por elevado calor que existe en los moldes de pan. Para ello a continuación se presentará una serie de datos de diseño y cálculos empleados para la mejora de tiempos de producción y cambio de temperatura generada.

Teniendo una base de metodología que fue seleccionada adecuadamente, se considera datos como tiempos, temperaturas, resistencia de materiales los cuales se puede analizar la mejor opción para la correcta operación de la cámara de enfriamiento de moldes de pan por parte del trabajador.

Para esto se realizó un estudio con el cual se determinó el diseño de la cámara de enfriamiento de moldes de pan y que cumpla con el objetivo propuesto, así como también conservar la inocuidad del producto.

Se realizó el dimensionamiento de cada uno de los elementos que intervienen en la optimización, como las paredes de la cámara de enfriamiento, el diámetro del extractor de aire y la posición de cada una de las flautas ubicadas dentro de la cámara de enfriamiento. Con cada uno de ellos se realizó los cálculos pertinentes que permitieron asegurar el correcto dimensionamiento y funcionamiento del proyecto en general.

**PALABRAS CLAVE:** Cámara de enfriamiento, moldes de pan, temperatura, inocuidad, dimensionamiento, tiempos de producción.

## **ABSTRACT**

The present project consist on the improvement of the existing continuous process in the company Moderna Alimentos S.A. as with the operator's ergonomics, the high temperatures inside the plant and the previous leavened that is generated in the bread by the higher heat that exists in the molds of bread. For that reason, we'll show a series a series of design data and implemented calculations to improve the time production and the change of generated temperature.

Having a based methodology, that we have adequately selected, we made the acquisition of data like time, temperature, tools resistance which can analyze the better option for the correct operation of the cooler chamber for the bread molds by the worker.

For this, a study was made to create a design for the bread mold cooler chamber and comply with the proposed objective, as well as to keep the product's harmlessness

We carried out the dimensioning of each one of the elements that take part in the optimization, such as the walls of the cooling chamber, the diameter of the air extractor and the position of each one of the flutes located inside the cooling chamber. With each one of them the pertinent calculations were made that allowed us to assure the correct sizing and functioning of the project in general.

**KEYWORDS:** Cooler chamber, bread molds, temperature, safety, sizing, production times.

## INTRODUCCIÓN

Por más de cien años Moderna Alimentos S.A. ha asumido el compromiso de elaborar productos que atiendan las necesidades de los consumidores y fomenten su bienestar. Cada producto está elaborado con una mezcla selectiva de granos de trigo, aprobado bajo estándares de calidad internacional y de laboratorios propios. Utilizando aditivos específicos, procesados técnica y responsablemente. De esta manera se garantiza la total inocuidad de los productos, así como la efectiva contribución de los mismos a la nutrición y bienestar de los consumidores.

Moderna Alimentos S.A. cuenta con 14 localidades operativas a nivel nacional, en la cual nos enfocaremos específicamente en la Planta de Quito, Planta en la cual se encargará en la elaboración de pan con más de 50 tipos de variedades que se desarrollan en 3 distintas líneas de producción, la más grande es nuestra línea de pan cortado elaborando semanalmente alrededor de 140000 unidades.

El pan es elaborado por un riguroso proceso que empieza por la selección de la materia prima, una vez escogida las cantidades necesarias de cada ingrediente pasan al proceso de amasado alrededor de 10 minutos, después ingresa a un proceso de división, reposado y formado para dar las características de peso y forma de la masa de pan, este proceso toma alrededor de 15 minutos. En seguida la masa de pan es colocada en moldes para poder ingresar a la cámara de leudo y fermentación en donde estará alrededor de 50 minutos.

Terminado este proceso de leudado ingresa a un horno de túnel durante un promedio de 35 minutos, en la cual al momento de salir del horno de túnel se encuentra a unas temperaturas superiores a los 100°C, provocando que la temperatura de la Planta sea muy elevada. Una vez fuera del horno pasa a un proceso de desmoldeado y

enfriamiento durante 120 minutos, para finalizar con el proceso de cortado, empaçado y codificado.

Los moldes de pan pasan por un sistema continuo de bandas transportadoras, provocando que no exista paradas en la producción, pero de igual forma no existe el tiempo necesario para el debido enfriamiento de los moldes de pan, provocando un efecto de pre leudado en las masas de pan y un incremento de temperatura en la Planta perjudicando la salud y el rendimiento de los operadores.

Una cámara de enfriamiento es un equipo fabricado para disminuir la temperatura de los moldes, el cual cuenta con un extractor de aire que ayuda a la expulsión de todo el calor extraído de los moldes de pan, 4 flautas distribuidas dentro de la cámara que, mediante 4 sensores inductivos ubicados debajo de las mismas, estos serán activadas para la distribución de agua y aire comprimido.

Con la cámara de enfriamiento se pretende disminuir la cantidad de pan rechazado por calidad que se genera por un previo leudado en las masas de pan.

### **Problema de estudio**

Al no existir un adecuado flujo de aire ambiental dentro de la Planta, la alta temperatura en las cuales se maneja la elaboración de pan, no permite que exista una recirculación de moldes con un tiempo de 20 minutos de enfriamiento, por lo cual en el proceso de recirculación de moldes estos llegan a una temperatura elevada de 65 °C que no es adecuada para el proceso de panificación. Esto implica que la elevada temperatura del molde influya en el comportamiento de la masa.

Es así que mediante el presente proyecto se procederá a implementar un sistema de enfriamiento, con lo cual permitirá que los moldes lleguen al inicio del proceso con

una temperatura de 40 °C para la correcta recirculación de los mismos y así garantizar la homogenización del producto

### **Justificación del Proyecto**

Actualmente en la Planta de Moderna Alimentos S.A., ubicada en Quito, se realiza la elaboración de pan, que mediante la producción en la línea 1, los moldes de pan pasan por un proceso de recirculación, siendo el primer paso colocar la masa del pan en los moldes, luego pasa por un proceso de leudado, siguiendo por el horneado y termina siendo separados el pan de los moldes, para que el pan siga su proceso de enfriamiento para ser empacado y los moldes recirculan para de nuevo comenzar el proceso. Al inicio del proceso de recirculación se necesita que los moldes de pan tengan una temperatura no mayor a 40°C.

Se pretendió a implementar un proceso de enfriamiento después que los moldes de pan se separen del producto, para que así los moldes de pan cumplan con la temperatura aproximada a 40 °C al inicio del proceso de recirculación y de esta manera evitar el leudado de la masa de pan antes de tiempo.

## **OBJETIVOS**

### **Grupo Objetivo**

El presente proyecto está dirigido a la Planta panificadora de Moderna Alimentos S.A. Ya que al no tener una correcta circulación de aire ambiental dentro de Planta se implementará el siguiente proyecto de enfriamiento de moldes para la correcta recirculación de los mismos.

### **Objetivo General**

Diseñar y construir un sistema de enfriamiento por agua y aire, que será utilizado para reducir la temperatura de los moldes de pan de 310 x 650 x 75 mm de acero aluminizado utilizado en la Empresa Moderna Alimentos S.A. Planta Quito.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar las condiciones de trabajo actuales de los moldes de pan dentro del proceso de recirculación.
- Diseñar un sistema de enfriamiento que permita disminuir la temperatura de los moldes de pan de 100°C a 40°C
- Seleccionar los elementos estandarizados adecuados para el correcto funcionamiento del sistema de enfriamiento.
- Seleccionar la mejor alternativa de enfriamiento mediante el análisis correspondiente a varios sistemas de enfriamiento mediante pruebas en el proceso.
- Analizar la recuperación de inversión en el sistema de enfriamiento de moldes de pan a través de la mejora del proceso.

## **CAPÍTULO 1**

El presente proyecto tiene como finalidad crear un sistema de refrigeración, el cual permita, por medio de los fluidos como agua y aire, la disminución de temperatura deseada en el proceso actual de los moldes de pan.

### **1.1 Calor y temperatura**

Estos conceptos son normalmente confundidos de manera cotidiana e incluso se cree que significa lo mismo, pero, en realidad el calor es energía en tránsito y la temperatura es la medida de intensidad de dicha energía. A continuación se presenta el concepto de cada uno.

#### **1.1.1 Calor**

El calor es una magnitud física, susceptible de medida pero poco tangible, no perceptible directamente por los sentidos y difícil de definir con precisión. [7]

#### **1.1.2 Temperatura**

El calor es una forma de energía, y como tal es capaz de engendrar trabajo que se puede expresar mediante el producto de una cantidad: cantidad de calor; y por una intensidad: temperatura. [7]

La unidad de medida de la temperatura se puede expresar en:

Grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ): denominada escala centígrada.

Grados Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ): denominada escala absoluta.

Grados Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ).

## 1.2 Métodos de transferencia de calor

La transferencia de calor se puede realizar por tres métodos físicos: conducción, convección y radiación, como se ilustra en la figura 1.



**Figura. 1** Esquema de métodos de transferencia de calor [8]

### 1.2.1 Convección

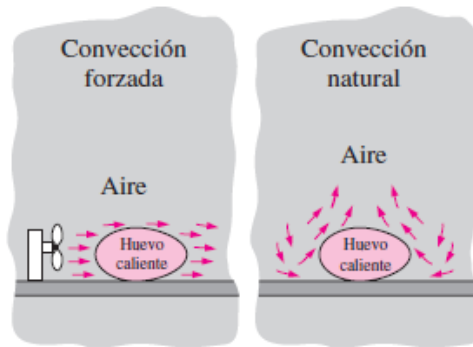
La convección es otra manera de transferencia de energía, y se da entre una superficie sólida y el fluido o gas que está en movimiento adyacente al mismo, comprendiendo los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. [9]

La relación entre la convección y la rapidez con la que se mueve el fluido o gas que se analiza, es directamente proporcional, ya que mientras más rápido sea dicho movimiento, mayor será la transferencia de calor por convección, Sin embargo, al no existir ningún tipo de movimiento masivo del fluido, se llega a considerar a la transferencia de calor como conducción pura. [9]

Dentro de los tipos de conducción existentes se tiene la convección forzada, y la convección natural.



### 1.2.2 Tipos de convección existentes



**Figura. 2** Enfriamiento de un huevo cocido por convección natural y forzada [8]

Como su nombre lo indica la convección forzada sucede cuando el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos como un ventilador, una bomba o el viento. Al contrario de la convección natural, la misma que sucede si el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debidas a la variación de la temperatura en ese fluido. [9]

La rapidez de la transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por la ley de Newton del enfriamiento. [9]

$$\dot{Q} = hA_s(T_s - T_\infty) \quad [1] \text{ Ec. Convección}$$

Donde:

$h$       Coeficiente de transferencia de calor por convección       $(W/m^2 \cdot ^\circ C)$

$A_s$       Área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección       $(m^2)$

$T_s$       Temperatura de la superficie       $(^\circ C)$

$T_\infty$       Temperatura del aire       $(^\circ C)$

Dentro de la construcción del sistema de enfriamiento se debe analizar el comportamiento de los fluidos que intervienen en el mismo.

### **1.3 Fluido**

La característica principal de los fluidos es la denominada fluidez. Un fluido cambia de forma de manera continua cuando está sometido a un esfuerzo cortante, por muy pequeño que sea este. [10]

#### **1.3.1 Tipos de fluidos**

Existen 2 tipos de fluidos, los líquidos y los gases:

##### **Gas**

Es una sustancia que presenta las propiedades características del estado gaseoso, como son su fluidez, su gran separación entre partículas, su alto contenido de energía cinética, su expansividad en el recipiente y la presión que ejerce sobre él. [11]

##### **Líquidos**

Indica que el fluido no tiene fuerzas de fricción internas entre capas adyacentes, con una densidad constante y movimiento de fluido estable. [12]

Como el enfriador de moldes trabaja con respecto a la producción realizada a lo largo de la jornada laboral, este se apaga automáticamente cuando el último molde pase por el enfriador. Esto se logra mediante la instalación de sensores inductivos conectados a un PLC el cual va a ser configurado para la automatización del proceso.

## **1.4 Neumática**

Son sistema de aire comprimido que generan desplazamientos controlados mediante motores neumáticos y cilindros. La neumática tiene una gran variedad de aplicaciones como:

- Martillos neumáticos.
- Pistolas para pintar.
- Sistemas de empaquetado.
- Elevadores.
- Herramientas de impacto.
- Prensas neumáticas.
- Frenos neumáticos.
- Robots industriales.
- Entre otras.

La neumática tiene como ventajas el bajo costo de los componentes utilizados en ella. También es de fácil diseño e implementación y la fuerza escasa que desarrolla en bajas presiones de trabajo de hasta 6 bares aproximadamente, constituyendo un factor de seguridad. Otras de las ventajas es que no existe riesgo de explosión, fácil conversión de movimientos, transmisión de energía a distancias grandes, fácil mantenimiento y económico.

## **1.5 Electroválvulas**

Son válvulas hidráulicas que se accionan por un sistema eléctrico y se conectan mediante un programador que controla la apertura y cierre del fluido.

### 1.5.1 Tipos de electroválvulas

En la industria existe una gran variedad de tipos de electroválvulas y a continuación se presentan en los siguientes literales las más destacadas y utilizadas en la realización del proyecto.

#### a) Electroválvula de acción directa

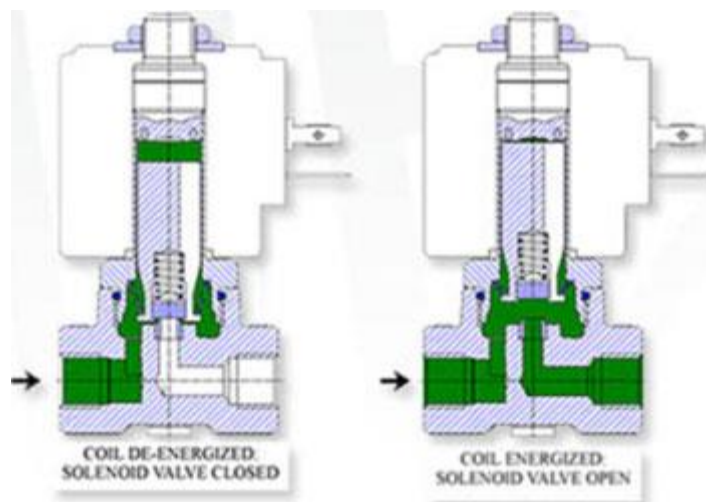


Figura. 3 Válvula de acción directa [13]

Este tipo de electroválvulas son de flujo electromagnético el cual acciona de manera directa el émbolo y genera la apertura o cierre de la misma para el paso del líquido.

#### b) Electroválvula de acción indirecta

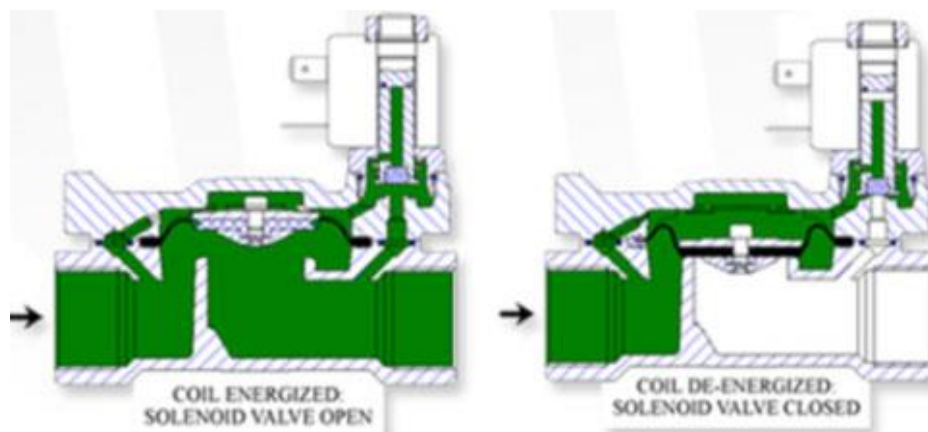
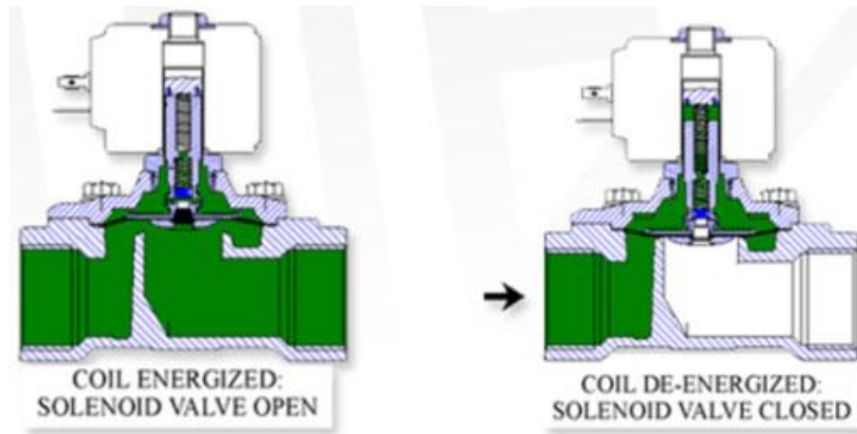


Figura. 4 Válvula de acción indirecta [13]

Estas electroválvulas se abren mediante la presión que se da entre las superficies del diafragma o pistón.

**c) Electroválvula de acción mixta**



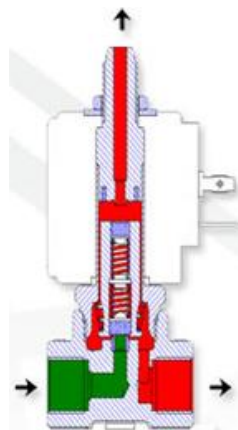
**Figura. 5** Válvula de acción mixta [13]

Estas electroválvulas se abren mediante la presión que se da entre las superficies del diafragma o pistón y acoplado con el accionamiento inmediato del émbolo.

**d) Electroválvulas según el número de vías.**

Existen electroválvulas que tienen 2 vías y que son las más frecuentes y constan de una entrada y una salida.

También hay electroválvulas que tienen 3 vías constan de un escape, una salida y una entrada. La figura 6 ilustra las vías indicadas:



**Figura. 6** Electroválvula según el número de vías [13]

Las válvulas que son de acción directa e indirecta se pueden clasificar en normalmente cerradas o normalmente abiertas.

#### **e) Electroválvula de agua**

Es una válvula solenoide de uso común y está proyectada para poder controlar el flujo de agua. Existe una gran variedad de válvulas para agua tales como:

- Electroválvula de acción directa, indirecta o mixta.
- Electroválvula de 2 y 3 vías.
- Electroválvula normalmente cerrada o abierta.
- Electroválvula en latón o acero inoxidable.
- Electroválvula con bobina estándar o a prueba de explosión.

### **1.6 Material Acero Aluminizado**

El acero aluminizado es acero revestido con una aleación de aluminio-silicio por el proceso de inmersión en caliente. La aleación contiene 5-11% de silicio para promover una mejor adherencia. Es adecuado para aplicaciones de resistencia al calor y para usos finales donde la resistencia a la corrosión es crítica. [6]

El acero aluminizado ofrece una mejor resistencia a la corrosión que el acero galvanizado debido a que el revestimiento de aluminio genera películas de óxido e hidróxido densas y estables en el aire y agua. [6]

El acero aluminizado tiene 80% de reflectividad al calor cuando es expuesto a 400° C durante 24 horas. [6]

## **1.7 Automatización**

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la substitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales [14].

### **1.7.1 Automatización con PLC**

El PLC es un dispositivo electrónico programable, en lenguaje específico, diseñado para controlar en tiempo real y en un medio industrial procesos secuenciales. [15]

Controla la lógica de funcionamiento de máquinas, Plantas y procesos industriales, estos procesan y reciben señales digitales, analógicas y pueden aplicar estrategias de control. Programmable Logic Controller o Controlador lógico programable. [16]

El PLC puede realizar funciones como operaciones de detección y mando, empleando la emisión de datos a los accionadores. También es el encargado de cumplir con la función de crear, modificar e implementar las aplicaciones a un programa.

Una ventaja de los PLC`s es que gracias a ellos, es factible ahorrar tiempos de trabajo en la elaboración de proyectos, y además se puede realizar modificaciones sin costos posteriores. Otra ventaja es que son de tamaño reducido y su costo de mantenimiento es muy bajo, además de ahorrar costos en mano de obra.

Brindan la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLC`s, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos

calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

[16]

La automatización en los procesos de producción es una herramienta primordial en las industrias, ya que facilita la organización y el desarrollo de las mismas. Por ello es recomendable realizar procedimientos adecuados y eficaces con el fin de automatizar bienes de producción con el uso de PLC's de manera mayoritaria.

### **1.7.2 Ventajas y desventajas en el empleo de los PLC**

Ventajas

- Control más preciso.
- Mayor rapidez de respuesta.
- Flexibilidad control de procesos complejos.
- Facilidad de programación.
- Mejor monitoreo del funcionamiento.
- Seguridad en el proceso.
- Empleo de poco espacio.
- Fácil instalación.
- Menos consumo de energía.
- Detección rápida de averías y tiempos muertos.
- Menor tiempo en la elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin elevar costos.
- Menor costo de instalación, operación y mantenimiento.
- Posibilidad de gobernar varios actuadores con el mismo autómeta.
- Menor mantenimiento.



## Desventajas

- Mano de obra especializada en automatización.
- Condiciones ambientales apropiadas.
- Mayor costo para controlar tareas muy pequeñas o sencillas.
- Centraliza el proceso.

### 1.7.3 Lenguajes de Programación de PLC's

Los PLC's posibilitan al usuario ingresar programas que realizan controles a una memoria que guarda datos y que tienen una sintaxis establecida.

Existen tres tipos de lenguajes de programación de PLC's como los más difundidos a nivel mundial; estos son:

- a) Lenguaje de contactos o Ladder
- b) Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones)
- c) Diagrama de funciones


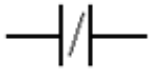


#### a) Lenguaje Ladder

El Ladder, también denominado lógica de escalera, es un tipo de lenguaje de programación muy habitual en los Controladores Lógicos Programables, debido a que fue el primero con el que se comenzó a programar y por ello está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos y autómatas. [17]

### 1.8 Elementos de programación

Para poder realizar una programación con el lenguaje LADDER se debe conocer la simbología de los elementos más comunes y sus correspondientes descripciones.

Tabla 1. Simbología de programación LADDER [18]

| Símbolo   | Nombre         | Descripción  |
|---|----------------|--|
|    | Contacto<br>NA | Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.  |
|    | Contacto<br>NC | Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.  |
|  | Bobina<br>NA   | Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna. |
|  | Bobina<br>NC   | Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.                                       |

|       |               |  |
|-------|---------------|--|
| —(S)— | Bobina<br>SET | Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación. |
| —(R)— | Bobina<br>SET | Permite desactivar una bobina SET previamente activada.  |

## 1.9 Programación

Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.

El siguiente esquema representa la estructura general de la distribución de todo programa LADDER, contactos a la izquierda, bobinas y otros elementos a la derecha.

[17]

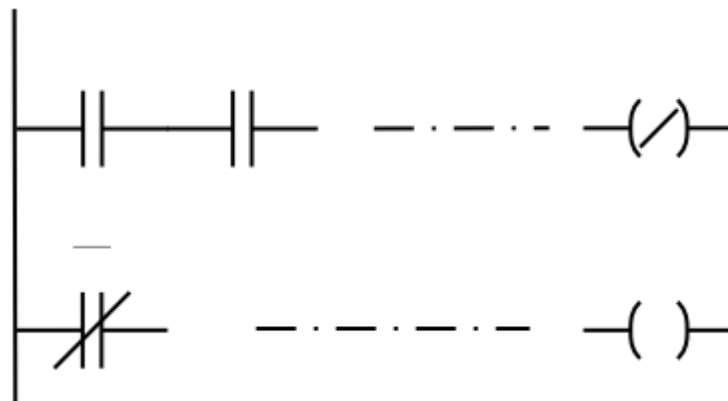


Figura. 7 Esquema de programación Ladder [17]

De la figura 7, y desde el punto de vista de una equivalencia eléctrica, imaginariamente, las líneas verticales indican la alimentación del circuito.

Este lenguaje normalmente se ejecuta de arriba hacia abajo de izquierda a derecha.

### 1.9.1 Lenguaje Booleano

Este tipo de lenguaje usa el principio del álgebra de Boole. Esta sintaxis realiza una lista de instrucciones mediante las operaciones booleanas como por ejemplo AND, NOT, OR y complementándose con instrucciones nemónicas.

A continuación en la figura 8 se presenta una programación Booleana:

|   |   |     |
|---|---|-----|
| A | I | 2.3 |
| A | I | 4.1 |
| O | I | 3.2 |
| = | Q | 1.6 |

**Figura. 8** Programación Booleana [17]

### 1.10 Extractores de aire

Los extractores de aire realizan la aspiración de aire que se acumula en un sitio y que lo sustituye por otro que esté limpio para poder ofrecer un ambiente fresco y cómodo.

Cumplen con la función de mantener temperaturas adecuadas, sustentar un aire libre de impurezas y eliminar casos de abundancia de humedad. Es por ello que los extractores son fundamentales para todo tipo de fábricas industriales.

### 1.10.1 Tipos de extractores de aire

Hay dos tipos primordiales de extractores y son: los extractores de ventilación axial y los extractores de ventilación centrífuga. No obstante, existen otros tipos de extractores de aire industrial para una determinada aplicación.

A continuación, se presentan los extractores industriales más frecuentes:

#### a) Extractores de aire de motor axial

Estos extractores son los más usuales en las fábricas industriales y se dirigen mediante ductos. Son usados por su gran capacidad de extracción de masas de aire.



**Figura. 9** Extractor con motor axial [19]

#### b) Extractores de aire de motor centrífugo

Los extractores centrífugos, como su nombre lo indica, usan la fuerza centrífuga de los mismos para aspirar el aire y renovarlo constantemente.

Este tipo de extractores son utilizados en techos de cocinas industriales y en los almacenes.



**Figura. 10** Extractor con motor centrífugo [19]

### **c) Extractores de aire mixtos para conductos**

Estos extractores son de tipo axial y son usados específicamente para intercalarse en conductos, muy ideales para empresas navales.

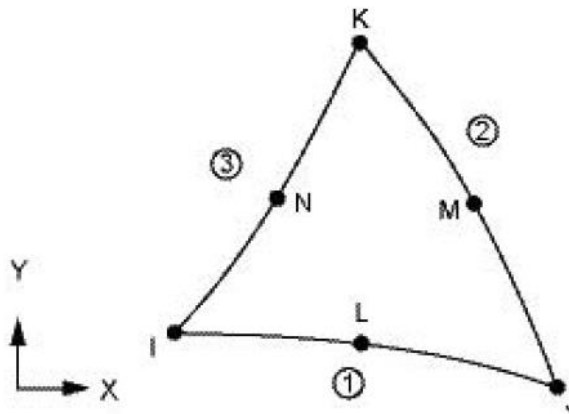


**Figura. 11** Extractor de intercalado en conductos [19]

### **1.11 Elementos finitos**

Este es un método numérico usado para resolver ecuaciones diferenciales, presentes en ejercicios de física e ingeniería.

Los elementos finitos e infinitos empleados para la discretización del electrolito son de ocho nodos, tipo Serendipity, en el caso de los elementos finitos, y de nueve nodos en el caso de elementos infinitos. [20]



**Figura. 12** Ejemplo de un elemento finito utilizado para análisis estructural [21]

Se conoce como malla cuando existe un conjunto de nodos por las relaciones de adyacencia. Los cálculos se hacen mediante una malla que se crean a partir del dominio y a esta etapa se la denomina pre-proceso. Dadas estas relaciones e adyacencia, se relacionan los valores del conjunto de variables en cada nodo y se identifica el grado de libertad. Este conjunto de relaciones se puede expresar mediante un sistema de ecuaciones lineales y este es llamado matriz de rigidez del sistema. El número de ecuaciones es directamente proporcional al número de nodos existentes.

Este método es muy usado por la facilidad para insertar dominios de cálculo complejos que están en 2D o 3D.

Algo importante de este método es su convergencia, en el caso de existir particiones de elementos finitos más y más finas. Esto hace que al momento de obtener una solución, sea cada vez más exacta para un sistema de ecuaciones dado.

## CAPÍTULO 2

En el presente capítulo se dan a conocer las alternativas más viables para la construcción de la máquina. Se analizan los pros y los contras de cada alternativa y se toma la opción que se acerque más a las características deseadas por la industria Moderna Alimentos S.A.

### 2.1 Alternativa 1

Enfriamiento de moldes para pan mediante un sistema de tanque de agua, después de procesamiento de elaboración de pan y separación del producto final de los moldes, la construcción e implementación de un tanque de agua de acero inoxidable en el final de la banda.

- ✓ Ubicación del sistema de enfriamiento a 8 metros de la máquina desmoldeador de pan en banda transportadora de moldes.
- ✓ Tanque de agua de acero inoxidable 304 alimentada por tuberías de agua para enfriamiento de moldes de pan.
- ✓ Instalación del tanque en la parte final de la banda para un correcto ingreso de los moldes al tanque de agua.
- ✓ Implementar un sistema de tuberías de llenado de agua para el tanque.
- ✓ Adecuar un desagüe para la salida del agua procesada del sistema.
- ✓ Colocación de temporizador al inicio del sistema para poder controlar el tiempo de enfriamiento.





**Figura. 13** Ejemplo de tanque de agua de acero inoxidable [22]

### **2.1.1 Ventajas**

- ✓ Al ubicar el sistema de enfriamiento en la distancia determinada permite que los moldes de pan ingresen de manera correcta al sistema.
- ✓ Al implementar el tanque de agua como sistema de enfriamiento la temperatura de los moldes de pan a la salida del sistema será el deseado.
- ✓ El sistema se adapta a la banda transportadora ya instalada y permite una fácil instalación.
- ✓ La instalación de un temporizador y la programación del mismo va a permitir un mayor tiempo de enfriamiento.

### **2.1.2 Desventajas**

- ✓ Al tener un sistema de enfriamiento abierto se logra la reducción de temperatura, pero esta extracción de calor afecta a la temperatura del ambiente de la Planta.
- ✓ La acumulación de moldes sobre la banda puede provocar un calentamiento rápido del agua en el tanque de enfriamiento.
- ✓ Los moldes que pasan por este proceso de enfriamiento necesitan un tiempo para su secado, al esperar este tiempo se retrasa el proceso.
- ✓ Al sumergir los moldes con residuos de pan, es necesario limpiarlos con mayor rigurosidad el tanque de agua.

- ✓ El cambio de agua tiene que ser completo ya que esta no puede ser reutilizada por su alta temperatura después de un tiempo de enfriamiento.

## 2.2 Alternativa 2

Enfriamiento de moldes para pan mediante un sistema de aire frío por ventiladores, construcción de cámara hermética e instalación de ventiladores.

- ✓ Ubicación del sistema de enfriamiento a 8 metros de la maquina desmoldeador de pan en banda transportadora de moldes.
- ✓ Construcción de cámara aislante de acero inoxidable 304 de 2,20 metros de largo por 1 metro de alto y 1 metro de ancho sobre la banda transportadora salida de moldes.
- ✓ Ubicación de ventiladores en ambos lados de la cámara aislante
- ✓ Colocación de sensores inductivos a 2 metros de la maquina desmoldeador de pan en banda transportadora de moldes para accionamiento de sistema de enfriamiento.
- ✓ Construcción de ducto extractor de flujo de aire caliente en cámara aislante.



**Figura. 14** Ejemplo de sistema de ventiladores [22]

### 2.2.1 Ventajas

- ✓ Al ubicar el sistema de enfriamiento en 8 metros de la maquina desmoldeador de pan no afecta al producto, ni interviene en la producción del mismo.

- ✓ Al construir una cámara aislante no se disipa el calor que se extraiga de los moldes por el resto de la Planta.
- ✓ Mediante los sensores de inductivos el sistema de enfriamiento se prenderá únicamente cuando existan moldes para pan en el sistema, de esa manera se ahorra energía.
- ✓ El sistema es de fácil mantenimiento ya que a los ventiladores se le realiza una inspección semanal de ruidos y una inspección semestral de rodamientos de igual forma la parte eléctrica que corresponde al funcionamiento de los sensores y su respectiva calibración.

### **2.2.2 Desventajas**

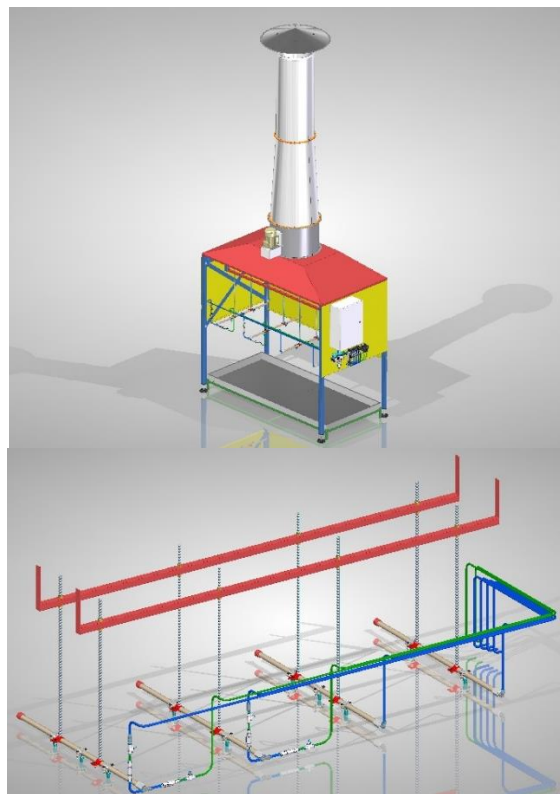
- ✓ Al realizar el sistema de enfriamiento mediante ventiladores, el aire que ingresa a la cámara es el de la temperatura ambiente de la Planta la cual es alrededor de 35° C y esta no permitirá alcanzar la temperatura deseada para los moldes.
- ✓ La presión de aire ejercida por los ventiladores no es lo suficientemente alta para poder causar un impacto de intercambio de calor.
- ✓ La velocidad de la banda es constante y las dimensiones de la cámara aislante no es lo suficientemente grande para poder alcanzar la temperatura deseada de los moldes para pan.

### **2.3 Alternativa 3**

Enfriamiento de moldes para pan mediante un sistema mixto de rociado de agua y cuchillas de aire mediante atomizadores. Construcción de cámara aislante y ducto de extracción de aire al exterior de la Planta.

- ✓ Ubicación del sistema de enfriamiento a 8 metros de la maquina desmoldeador de pan en banda transportadora de moldes.

- ✓ Construcción de cámara aislante de acero inoxidable de 2,20 metros de largo por 1 metro de alto y 1 metro de ancho sobre la banda transportadora de recirculación de moldes de pan.
- ✓ Ubicación de atomizadores de agua a la entrada de la cámara aislante
- ✓ Ubicación de cuchillas de aire a la salida de la cámara aislante
- ✓ Colocación de sensores inductivos a 2 metros del desmoldeador de pan en banda transportadora de moldes para accionamiento de sistema de enfriamiento.



**Figura. 15** Enfriador mediante sistema de aspersión mixta

### 2.3.1 Ventajas

- ✓ Al ubicar el sistema de enfriamiento en 8 metros del desmoldeador de pan no se afecta al producto, ni se interviene en la producción del mismo.
- ✓ Al construir una cámara aislante el calor extraído en los moldes de pan no afecta a la producción de la Planta.

- ✓ Al utilizar atomizadores de agua se genera una mayor rapidez de enfriamiento a los moldes para pan y no se tiene una acumulación de agua.
- ✓ Al utilizar atomizadores de aire los moldes para pan saldrán secos para que estos continúen con la recirculación de la línea de producción sin afectar el producto.
- ✓ El ducto de extracción permitirá que el flujo de calor salga de la cámara y toda la turbulencia dentro de la misma vaya al exterior de la Planta reduciendo la temperatura de los moldes y no generando una mayor temperatura en la Planta.

### **2.3.2 Desventajas**

- ✓ Para las cuchillas de aire se utiliza aire comprimido y si se trabaja de forma constante existirán caídas de presión dentro de Planta, además tomar en cuenta que sus costos operacionales son altos.
- ✓ El costo de fabricación es elevado ya que se utiliza un ducto de extracción al exterior de la Planta, además se complementa con las instalaciones tanto de aire como de agua.
- ✓ El mantenimiento que se realice lo debe hacer una persona capacitada ya que tendrá que revisar el correcto funcionamiento de los sensores inductivos, así como el sistema de extracción de aire.

### **2.4 Parámetros para la ponderación**

De acuerdo con las alternativas planteadas se decide tomar en cuenta ciertos aspectos y características de las alternativas y realizar una ponderación, mediante la cual se toma la mejor decisión en el sistema de enfriamiento a implementar. Las características que se toman en cuenta para la ponderación son:

### **2.4.1 Costo de fabricación**

El costo de fabricación es un conjunto de gastos necesarios para la fabricación de un nuevo proyecto. Este costo se forma por todas las inversiones que la empresa Moderna Alimentos S.A. debe realizar para crear aquello que facilite y acorte tiempos de producción.

El proyecto obtendrá ganancias cuando los ingresos que se obtengan en un determinado tiempo sean mayores a los costos de fabricación del enfriador.

Para su evaluación se utiliza una escala de 1 al 10, donde 1 es alto costo y 10 es bajo costo.

### **2.4.2 Capacidad de enfriamiento en los moldes de pan**

La capacidad de enfriamiento del molde es indispensable al momento de seleccionar una alternativa ya que debe estar muy cercano a los parámetros requeridos para obtener un buen ciclo de funcionamiento. Esto ayuda a que no existan muchos paros de producción por moldes que no hayan llegado a la temperatura deseada y deban ser retirados.

Para su evaluación se utiliza una escala de 1 al 10, donde 1 es la temperatura superior a la deseada en el molde y 10 es la temperatura igual a la deseada en el molde.

### **2.4.3 Facilidad de construcción**

Un determinado diseño debe permitir facilidad y eficiencia al momento de su construcción, debe estar sujeto a los parámetros y requerimientos que se deseen.

No existe una definición exacta para facilidad construcción. Esto impide que se puedan analizar de manera exacta los factores que lo determinan.

Sin embargo, se ha optado por analizar y evaluar los siguientes parámetros:

- Espacio de construcción.
- Tiempo de construcción.
- Interrupción en la producción.
- Obtención de los materiales para la construcción.

Para su evaluación se utiliza una escala de 1 al 10, donde 1 es difícil construcción y 10 es fácil construcción.

#### **2.4.4 Facilidad de mantenimiento**

El mantenimiento es un parámetro muy importante de analizar al momento de realizar una selección ya que este no solo se hace al inicio de la construcción sino en toda la vida útil de la máquina. Por ello se debe tomar en cuenta que tan frecuente se debe realizar un mantenimiento y que tan fácil será de hacerlo, además de que no debe generar demasiados paros de producción al realizar dicho mantenimiento ya que esto genera pérdidas.

Para su evaluación se utiliza una escala de 1 al 10, donde 1 es difícil mantenimiento (mecánico, eléctrico, neumático) y 10 es fácil mantenimiento (mecánico, eléctrico, neumático).

#### **2.4.5 Costos de operación**

Los costos de operación son todos los gastos que se generan al estar en funcionamiento el enfriador. Son los recursos que utiliza la fábrica para mantener de manera constante su funcionamiento.

Los recursos más utilizados para realizar el proceso del enfriamiento son el consumo de energía eléctrica, el consumo de agua y el mantenimiento.

Para su evaluación se utiliza una escala de 1 al 10, donde 1 es alto costo y 10 es bajo costo.

#### **2.4.6 Impacto de extracción de calor en la temperatura ambiente de la Planta**

El último parámetro a considerar es la hermeticidad del enfriador con respecto a su alrededor, ya que si no se encuentra aislado de los demás procesos de producción podría generar una contaminación o un daño a los demás ciclos de proceso. Esto provocaría inconvenientes en el producto final y por ende se producirían pérdidas.

Para su evaluación se utiliza una escala de 1 al 10, donde 1 es alto impacto y 10 es bajo impacto.

### **2.5 Ponderación**

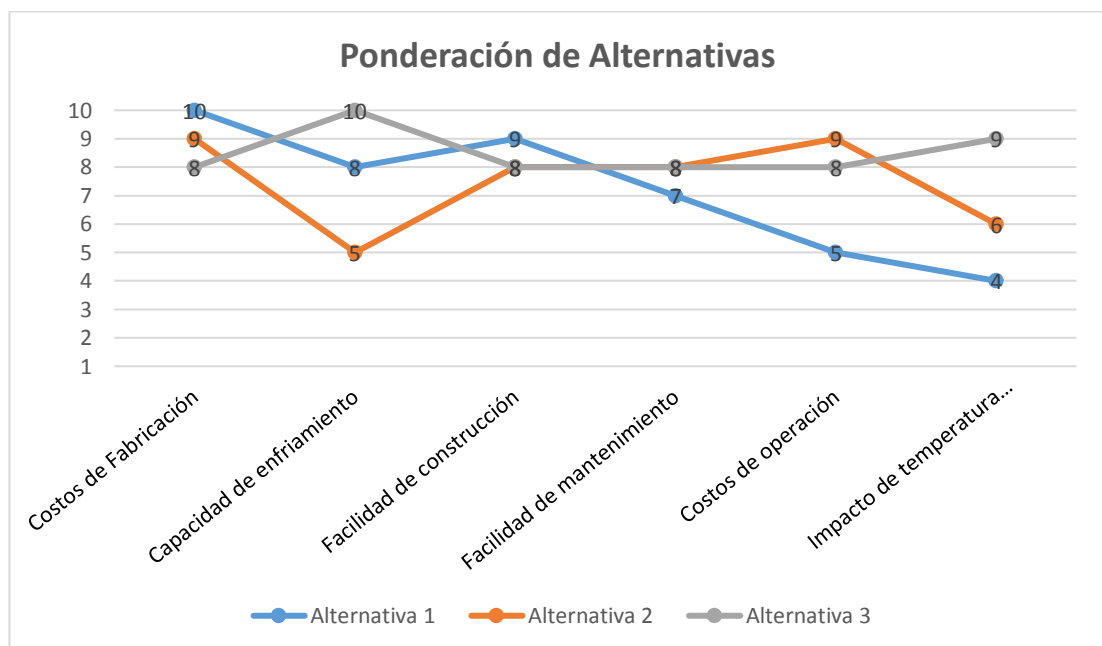
Luego de haber evaluado los parámetros anteriores se obtienen los resultados que se muestran a continuación en la tabla 2, indicando los pros y los contras de cada alternativa, pero mostrando también la más viable y la que más se adapta a los parámetros deseados para enfriamiento de moldes de pan.



Tabla 2. Ponderación de análisis de alternativas

| PONDERACION DE ALTERNATIVAS     |               |               |               |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Características                 | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
| Costo de Fabricacion            | 10            | 9             | 8             |
| Capacidad de enfriamiento       | 8             | 5             | 10            |
| Facilidad de construccion       | 9             | 8             | 8             |
| Facilidad de mantenimiento      | 7             | 8             | 8             |
| Costo de Operación              | 5             | 9             | 8             |
| Impacto de temperatura ambiente | 4             | 6             | 9             |
| <b>Total</b>                    | <b>43</b>     | <b>45</b>     | <b>51</b>     |

A continuación, se presenta la figura 16, en donde se visualizan los resultados de la ponderación de cada parámetro.



**Figura. 16** Gráfica de ponderación de alternativas

Tomando en cuenta los parámetros considerados anteriormente, y de acuerdo con la ponderación de alternativas se observa que la opción 3 tiene mayor puntaje, por lo cual se procedió a optar por esta alternativa.

## CAPÍTULO 3

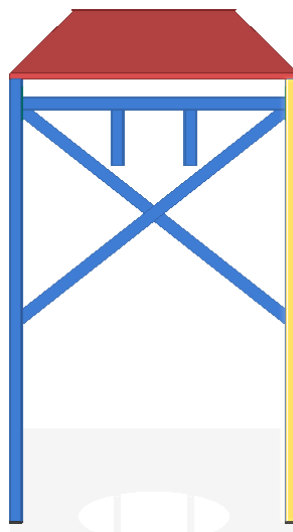
En el presente capítulo se realiza el diseño, los cálculos y selección de todos los componentes que conforman la máquina, tanto en software como de manera analítica.

### 3.1 Diseño del bastidor

Para realizar el análisis del bastidor se considera el peso de todas las partes que conforman la máquina, además de encontrar un diseño que sea adaptable al espacio de trabajo que existe en la fábrica de Alimentos Moderna S.A.

#### 3.1.1 Análisis del elemento crítico

El cálculo se realiza en el elemento que se muestra en la figura 17 y que está sometido a compresión, con los valores de esfuerzos de diseño del manual AISC.



**Figura. 17** Elemento crítico en el bastidor

El elemento se encuentra ubicado en uno de los parantes del bastidor. Los cuatro parantes soportan una carga máxima de 1472 N, dividido entre cuatro da un resultado de 368 N, que es la carga que soporta cada uno.

### 3.1.1.1 Cálculo de la esbeltez

La esbeltez es una propiedad mecánica que tiene un perfil estructural. Esta relaciona la rigidez del elemento con la longitud total del mismo.

Es un parámetro adimensional y se utiliza para el cálculo de tensiones y también indica la inestabilidad elástica del elemento.

La ecuación de la esbeltez es:

$$\lambda = \frac{k.L}{r_{min}} \quad [2] \text{ Ec. esbeltez}$$

Donde:

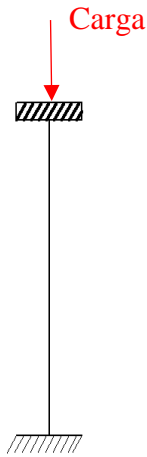
$\lambda$  Esbeltez

$k$  Tipo de apoyo

$L$  Longitud del elemento (mm)

$r_{min}$  Radio de giro (mm)

Para realizar el cálculo de la esbeltez se debe seleccionar primero el tipo de apoyo a compresión que va a soportar el elemento y para ello se realiza un diagrama de cuerpo libre como se muestra en la figura 18



**Figura. 18** Diagrama de cuerpo libre del elemento crítico

Se compara el diagrama con la figura que indica el tipo de apoyo y se selecciona el valor del factor de longitud efectiva (K).

Tabla 3. Tabla de factor de longitud efectiva [23]

| TABLE C-C2.2<br>Approximate Values of Effective Length Factor, K |      |      |     |     |      |     |
|--|------|------|-----|-----|------|-----|
| Buckled shape of column is shown by dashed line.                 | (a)  | (b)  | (c) | (d) | (e)  | (f) |
| Theoretical K value  | 0.5  | 0.7  | 1.0 | 1.0 | 2.0  | 2.0 |
| Recommended design value when ideal conditions are approximated  | 0.65 | 0.80 | 1.2 | 1.0 | 2.10 | 2.0 |
| End condition code   |      |      |     |     |      |     |

Para este caso los valores del factor de longitud efectiva (K) a considerar son:

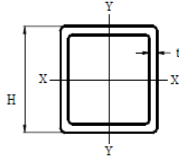
K teórico: 1

K recomendado para diseño: 1,2. Recomendado por Manual of steel construction

Tabla 3

El elemento es un tubo de dimensiones 50 x 50 x 2 mm y dado que tiene una forma cuadrada, los valores del radio de giro ( $r_x$ ,  $r_y$ ) serán iguales y estos son seleccionados de la tabla 4 que se presenta a continuación:

Tabla 4. Propiedades estructurales del perfil

| <p style="text-align: center;"><b>H</b><br/><b>TUBO CUADRADO PHERT</b><br/>DIMENSIONES Y PROPIEDADES</p>  |                                      |             |     |        |         |       |      |                           |      |                |                |                |                |                |        |                |
|---|--------------------------------------|-------------|-----|--------|---------|-------|------|---------------------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|----------------|
| PERFIL  | PERFILES ESTRUCTURALES RECTANGULARES |             |     |        |         |       |      |                           |      |                |                |                |                |                | PERFIL |                |
|   | DIMENSIONES Y PESOS TEORICOS         |             |     |        |         |       |      | PROPIEDADES ESTRUCTURALES |      |                |                |                |                |                |        |                |
|   | DIMENSIONES EXTERIORES               |             | CAL | COLOR  | ESPESOR |       | LONG | PESO                      | AREA | I <sub>x</sub> | S <sub>x</sub> | r <sub>x</sub> | I <sub>y</sub> | S <sub>y</sub> |        | r <sub>y</sub> |
| pulgadas  | milímetros                           | plgs        |     |        | mm      | M     |      |                           |      |                |                |                |                |                | Kg/m   |                |
| H2020   | 2 x 2                                | 50.8 x 50.8 | 18  |        | 0.048   | 1.214 | 6    | 1.90                      | 2.41 | 9.87           | 3.89           | 2.02           | 9.87           | 3.89           | 2.02   | H2020          |
| H2020   | 2 x 2                                | 50.8 x 50.8 | 16  |        | 0.060   | 1.519 | 6    | 2.36                      | 2.99 | 12.13          | 4.78           | 2.01           | 12.13          | 4.78           | 2.01   | H2020          |
| H2020   | 2 x 2                                | 50.8 x 50.8 | 14  | AZUL   | 0.075   | 1.897 | 6    | 2.92                      | 3.71 | 14.82          | 5.83           | 2.00           | 14.82          | 5.83           | 2.00   | H2020          |
| H2020   | 2 x 2                                | 50.8 x 50.8 | 13  |        | 0.090   | 2.278 | 6    | 3.48                      | 4.42 | 17.39          | 6.85           | 1.98           | 17.39          | 6.85           | 1.98   | H2020          |
| H2020   | 2 x 2                                | 50.8 x 50.8 | 12  | BLANCO | 0.105   | 2.657 | 6    | 4.03                      | 5.12 | 19.82          | 7.80           | 1.97           | 19.82          | 7.80           | 1.97   | H2020          |
| H2020   | 2 x 2                                | 50.8 x 50.8 | 11  | VERDE  | 0.120   | 3.038 | 6    | 4.57                      | 5.80 | 22.16          | 8.72           | 1.95           | 22.16          | 8.72           | 1.95   | H2020          |
| H2020   | 2 x 2                                | 50.8 x 50.8 | 10  | ROJO   | 0.135   | 3.416 | 6    | 5.10                      | 6.48 | 24.36          | 9.59           | 1.94           | 24.36          | 9.59           | 1.94   | H2020          |
| H2020   | 2 x 2                                | 50.8 x 50.8 | 8   |        | 0.164   | 4.176 | 6    | 6.13                      | 7.79 | 28.44          | 11.20          | 1.91           | 28.44          | 11.20          | 1.91   | H2020          |
| H2020   | 2 x 2                                | 50.8 x 50.8 | 7   |        | 0.179   | 4.554 | 6    | 6.63                      | 8.42 | 30.32          | 11.94          | 1.90           | 30.32          | 11.94          | 1.90   | H2020          |

Para este caso los valores del radio de giro ( $r$ ) a considerar son:

$$r_x = 1,98 \text{ cm}$$

$$r_y = 1,98 \text{ cm}$$

Al aplicar la ecuación 2, tenemos que:

$$\lambda = \frac{1,2 \times 182,3 \text{ cm}}{1,98 \text{ cm}}$$

$$\lambda = 110,5$$

El resultado de la esbeltez de 110,5 es necesario para poder realizar el cálculo del esfuerzo permisible

### 3.1.1.2 Cálculo del esfuerzo permisible

El esfuerzo permisible es el esfuerzo crítico del elemento, es el límite antes de la ruptura por tensión.

Con el valor de la esbeltez se selecciona el esfuerzo permisible ( $F_a$ ), de acuerdo a la tabla 5.

Tabla 5. Esfuerzo permisible  $F_a$  [23]

| Table C-36<br>Allowable stress<br>For compression members of 36 ksi Specified Yield Stress Steel |          |      |          |            |              |      |          |
|--|----------|------|----------|------------|--------------|------|----------|
| KL/r   | Fa (Ksi) | KL/r | Fa (Ksi) | KL/r       | Fa (Ksi)     | KL/r | Fa (Ksi) |
| 30   | 20,22    | 70   | 16,43    | <b>110</b> | <b>11,67</b> | 150  | 6,64     |
| 31   | 20,15    | 71   | 16,33    | <b>111</b> | <b>11,54</b> | 151  | 6,55     |
| 32   | 20,08    | 72   | 16,22    | 112        | 11,40        | 152  | 6,46     |
| 33   | 20,01    | 73   | 16,12    | 113        | 11,26        | 153  | 6,36     |
| 34   | 19,94    | 74   | 16,01    | 114        | 11,13        | 154  | 6,30     |
| 35   | 19,87    | 75   | 15,90    | 115        | 10,99        | 155  | 6,22     |
| 36   | 19,80    | 76   | 15,79    | 116        | 10,85        | 156  | 6,14     |
| 37   | 19,73    | 77   | 15,69    | 117        | 10,71        | 157  | 6,06     |
| 38   | 19,65    | 78   | 15,58    | 118        | 10,57        | 158  | 5,98     |
| 39   | 19,56    | 79   | 15,47    | 119        | 10,43        | 159  | 5,91     |
| 40   | 19,50    | 80   | 15,36    | 120        | 10,28        | 160  | 5,83     |

Interpolando se obtiene un valor de:

$$F_a = 11,55 \text{ ksi} = 11550 \text{ psi}$$

Se sabe que 1 psi equivale a 6894,76 Pa

$$\rightarrow F_a = 79634,478 \text{ Pa} = 79,63 \text{ MPa}$$

El esfuerzo permisible máximo que puede soportar el elemento es de 79,63 MPa.

### 3.1.1.3 Cálculo de la carga permisible

La carga permisible es la carga máxima que puede soportar el elemento y debe permanecer en el rango elástico para evitar deformaciones que se pueden generar después de remover la carga.

$$P = Fa \times A \quad [3] \text{ Ec. Carga permisible}$$

Donde:

$P$  Carga permisible ( $N$ )

$A$  Área de la sección ( $m^2$ )

De la tabla 4 se obtiene el valor del área de la sección para un tubo de dimensiones 50 x 50 x 2 mm.

$$A = 3,71 \text{ cm}^2 = 0,000371 \text{ m}^2$$

Con el valor del esfuerzo permisible obtenido anteriormente y el área de la sección, se aplica la ecuación 3:

$$P = 79634478 \frac{N}{m^2} \times 0,000371 \text{ m}^2$$

$$P = 29544,39 \text{ N} \approx 29,54 \text{ kN}$$

$$\mathbf{0,37 \text{ kN} < 29,54 \text{ kN}}$$

Como se puede observar, la carga aplicada en el elemento es menor a la carga permisible del mismo, por lo tanto, el elemento seleccionado no tendrá problemas al soportar la carga de 0,37 kN.

### 3.1.2 Análisis del bastidor mediante Solid Works 2017

Previo al análisis del bastidor, se realiza el modelado del mismo en el software. Los anexos D1 y D2 indican la asignación del material, las cargas y dimensiones de cada elemento del bastidor, necesarios para el cálculo posterior.

Los resultados del análisis se exponen mediante gráficas y con una escala de colores.

#### 3.1.2.1 Resultados del análisis

En la figura 19 se puede visualizar que la estructura del bastidor tiene un límite de esfuerzo de  $2,068 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ , este límite de esfuerzo es dado por el material con el que se construye la estructura (acero inoxidable 304).

El esfuerzo máximo que refleja es de  $1,943 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , esto quiere decir que se encuentra por debajo de los límites permisibles, cumpliendo así con un diseño adecuado para el equipo.

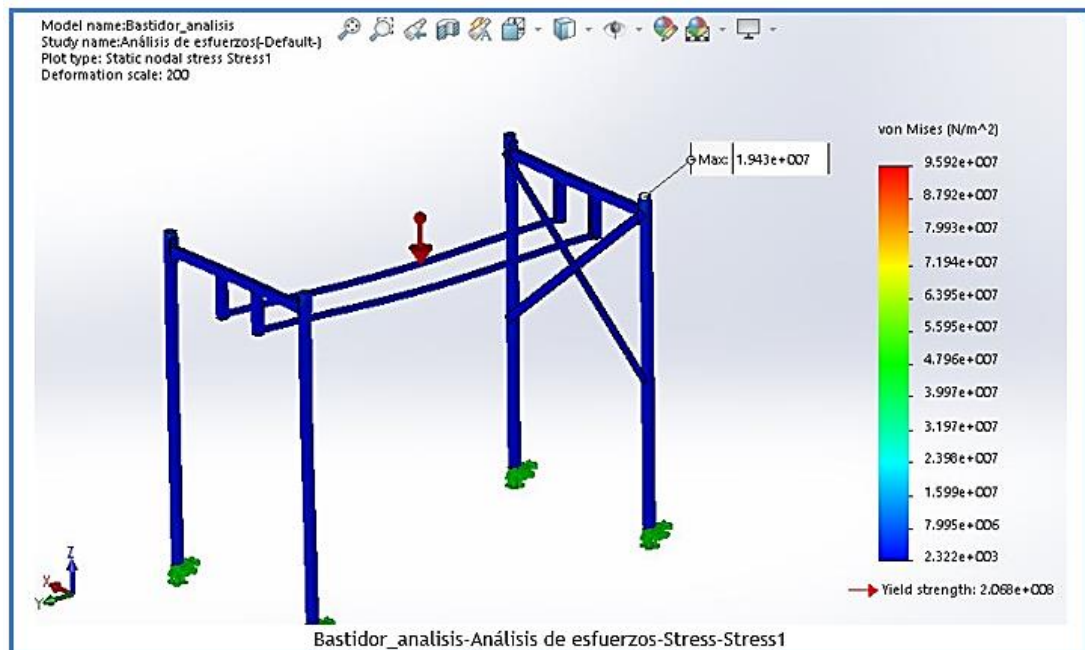
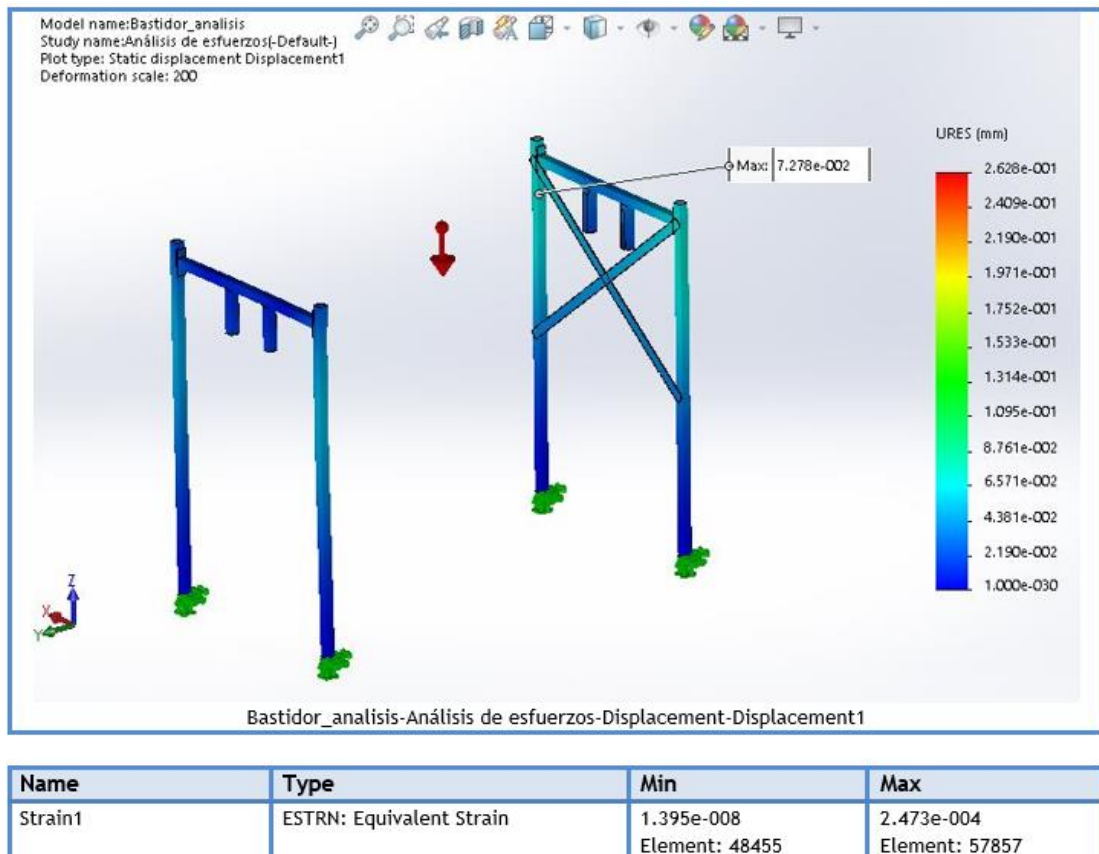


Figura. 19 Esfuerzo máximo del bastidor



En la figura 20, mediante la simulación realizada, se puede determinar que el máximo desplazamiento del bastidor se da en la parte superior de la estructura con un valor de 0,07278 mm, siendo un valor considerablemente bajo. Se concluye que el bastidor es estable en la estructura.



**Figura. 20** Desplazamiento del bastidor

### 3.2 Diseño de la campana de extracción de vapor

La campana de extracción de vapor está diseñada mediante placas de acero inoxidable de 0,9 mm de espesor y con dimensiones brutas de 2218 x 1189 x 285 mm. Está provista de un agujero circular en la parte superior para posteriormente poder instalar el extractor.

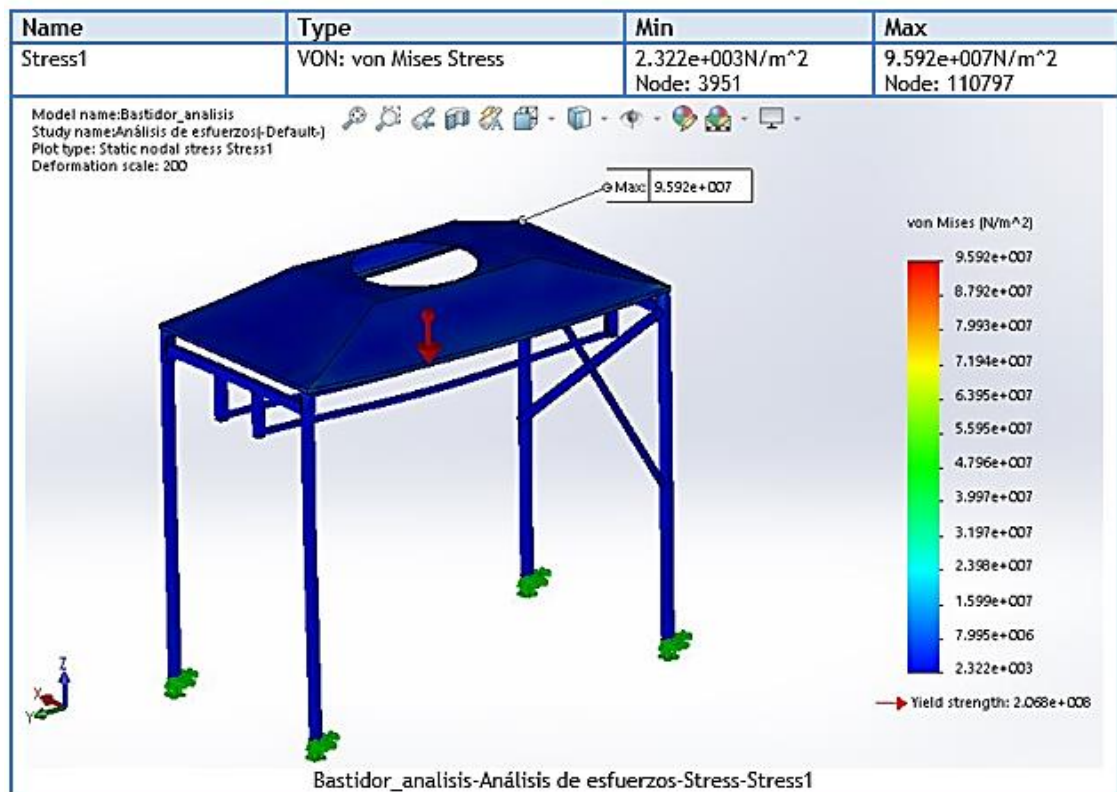
La campana debe soportar el peso de dicho extractor y de los demás elementos que se encuentran sobre ella.

Los anexos D1 y D2 indican las dimensiones de la campana y las cargas asignadas necesarias para el análisis en el software.

### 3.2.1 Resultados del análisis

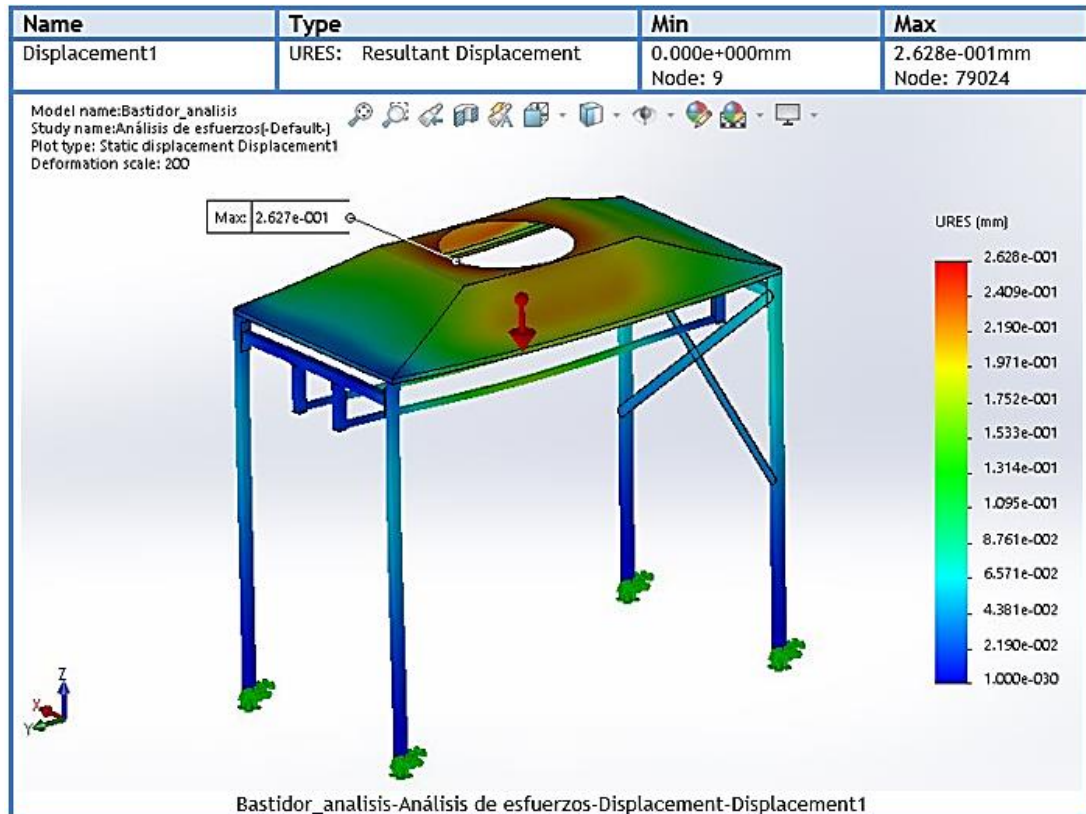
En la figura 21 se puede visualizar que la estructura de la campana tiene un límite de esfuerzo de  $2,069 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ , este límite de esfuerzo es dado por el material con el que se construye la estructura (acero inoxidable 304).

El esfuerzo máximo que se refleja es de  $9,592 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , esto quiere decir que se encuentra por debajo de los límites permisibles cumpliendo con un diseño adecuado para el equipo.



**Figura. 21** Esfuerzo máximo de la campana

Mediante la simulación realizada se puede determinar en la figura 22 que el máximo desplazamiento de la campana se da en la parte inferior del extractor con un valor de 0,02628 mm siendo un valor considerablemente bajo. Se concluye que la campana es estable en la estructura.



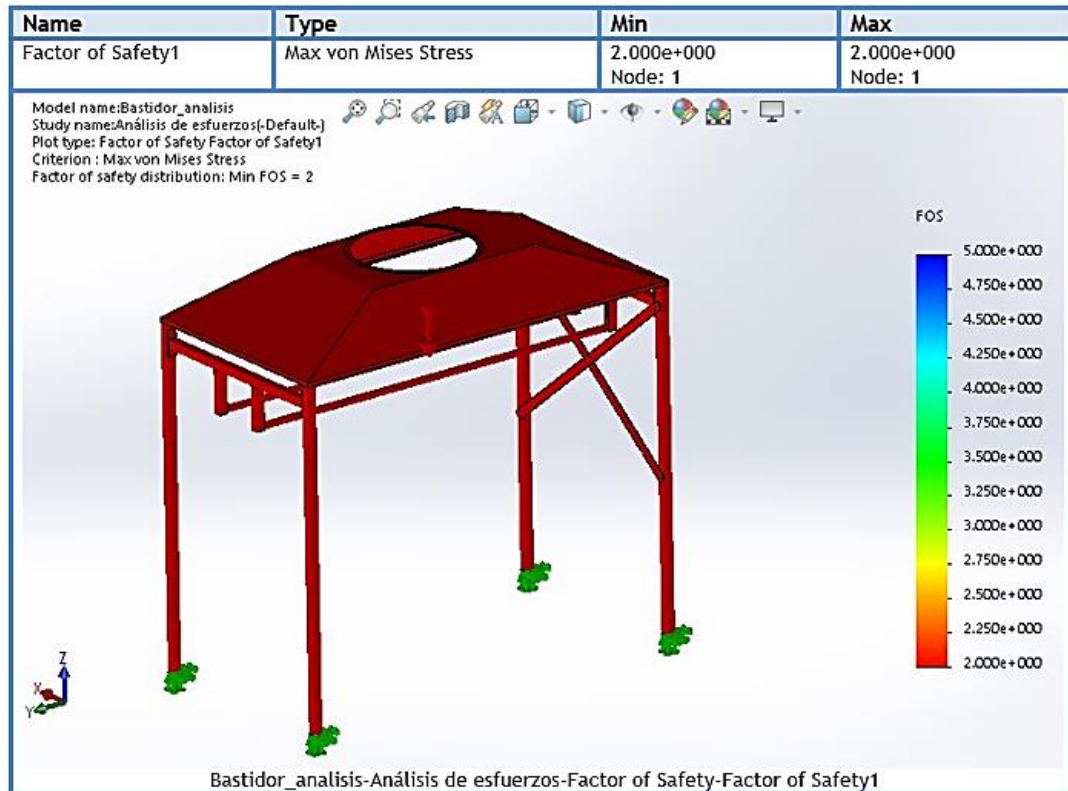
**Figura. 22** Desplazamiento de la campana

### Factor de seguridad

El factor de seguridad es un índice que se obtiene de un determinado diseño y se lo calcula mediante un punto de vista de resistencia mecánica.

Es el cociente entre la resistencia del material y la tensión real que existe en la estructura. También es el cociente entre el esfuerzo máximo y el esfuerzo real existente en la estructura.

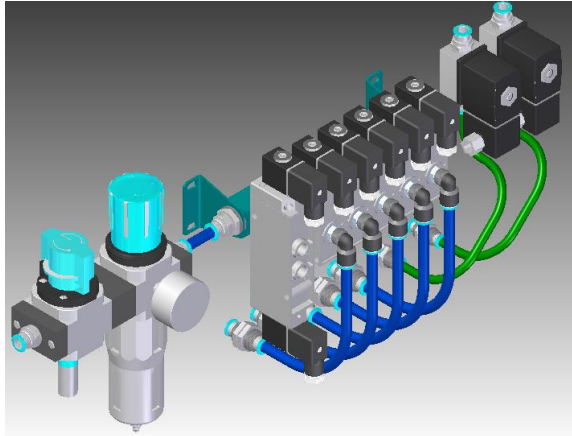
Mediante la simulación, en la figura 23 se determina para la estructura un factor de seguridad de 2.



**Figura. 23** Factor de seguridad

### 3.3 Sistema de electroválvulas

El sistema de electroválvulas es una parte indispensable para el correcto funcionamiento del sistema de aspersión, ya que es desde este sistema en donde ingresa el agua y el aire para a su vez distribuirlo a la parte interna del enfriador. Se manipula y regula los tiempos y flujos de salida. Todo esto se realiza con la ayuda de la programación del PLC.



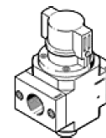
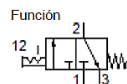
**Figura. 24** Sistema de electroválvulas

A continuación, se muestran los elementos que conforman este sistema de electroválvulas:

### 3.3.1 Válvula de cierre

Esta válvula se encuentra al inicio del sistema y es la que permite el paso inicial de aire comprimido que viene desde el generador.

#### Resumen de configuración para válvula de cierre HE-1/2-D-MIDI #162810



| Características básicas   |   |
|---------------------------|---|
| Feature                   | Value   |
| Serie                     | Serie D   |
| Función                   | HE Válvula de cierre, manual                      |
| Tamaño                    | MIDI - Patrón uniforme de 55 mm (sin placas base) |
| Conexión neumática        | Rosca interior G1/2                               |
| Tensión de funcionamiento | Sin   |

**Figura. 25** Detalle válvula de cierre [24]

### 3.3.2 Unidad de filtro y regulador

Este es un elemento muy importante que no puede faltar en el sistema ya que hace que no se filtren impurezas en el fluido y permite un paso limpio del mismo, tanto para no

dañar los componentes restantes, como para que el fluido llegue libre de impurezas al molde y no se contamine.

**Resumen de configuración para unidad de filtro y regulador  
LFR-1/2-D-MIDI  
#159584**



| Características básicas            |   |
|------------------------------------|---|
| Feature                            | Value   |
| Serie                              | Serie D   |
| Función                            | Unidad de filtro y regulador                      |
| Tamaño                             | MIDI - Patrón uniforme de 55 mm (sin placas base) |
| Conexión neumática                 | Rosca interior G1/2                               |
| Margen de regulación de la presión | 0,5...12 bar                                      |
| Grado de filtración                | 40 µm   |

**Figura. 26** Detalle unidad de filtro y regulador [24]

### 3.3.3 Silenciador

Tiene la función de reducir el ruido del paso del fluido al momento de realizar las pulsaciones



**Figura. 27** Silenciador [24]

### 3.3.4 Listón distribuidor

Este listón acumula el fluido de entrada y luego se distribuye a las válvulas. Permite realizar la ubicación de hasta 6 válvulas electro neumáticas para luego distribuir el fluido al sistema de aspersión.

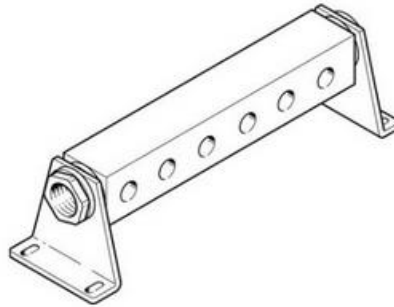


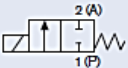
Figura. 28 Listón distribuidor [24]

### 3.3.5 Electroválvula de agua

Se selecciona una electroválvula de agua 2/2 G1 6013-A03 con las características de la tabla 6.

Tabla 6. Características de la electroválvula de agua [25]

**6013 Normally closed valve with FKM seal, brass or stainless steel body (class B)**  
Delivered without cable plug (see accessories)

| Circuit function   | Orifice [mm]   | Port connection | Kv value water [m <sup>3</sup> /h] <sup>1)</sup> | Coil power [W] | Pressure range [bar] <sup>2)</sup> | Voltage/Frequency [V/Hz] | Item no. brass body FKM Seal | Item no. Stainless steel body, FKM seal |
|--|----------------|-----------------|--|----------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------|---|
| <b>A</b> 2/2 way valve NC<br> | 2.0            | G 1/8           | 0.12   | 8              | 0 - 12                             | 024/DC                   | 134 237                      | 134 233                                 |
|  |                |                 |  |                | 0 - 25                             | 024/50                   | 132 865                      | 134 234                                 |
|  |                |                 |  |                | 0 - 25                             | 230/50                   | 134 239                      | 134 236                                 |
|  |                | G 1/4           | 0.12   | 8              | 0 - 12                             | 024/DC                   | 137 537                      | 137 533                                 |
|  |                | 0 - 25          | 024/50   | 137 538        | 137 534                            |                          |                              |   |
|  |                | 0 - 25          | 230/50   | 137 540        | 137 536                            |                          |                              |   |
|  | sub-base (SFB) | 0.12            | 8  | 0 - 12         | 024/DC                             | 134 244                  | -                            |   |
|  |                |                 |  | 0 - 25         | 024/50                             | 134 245                  | -                            |   |
|  |                |                 |  | 0 - 25         | 230/50                             | 134 247                  | -                            |   |
|  | 2.5            | G 1/8           | 0.16   | 8              | 0 - 10                             | 024/DC                   | 134 240                      | -                                       |
|  |                |                 |  |                | 0 - 16                             | 024/50                   | 134 241                      | -                                       |
|  |                |                 |  |                | 0 - 16                             | 230/50                   | 134 243                      | -                                       |
|  | 3.0            | G 1/8           | 0.23   | 8              | 0 - 6                              | 024/DC                   | 126 091                      | 126 078                                 |
|  |                |                 |  |                | 0 - 10                             | 024/50                   | 126 092                      | 126 079                                 |
|  |                |                 |  |                | 0 - 10                             | 230/50                   | 126 094                      | 126 081                                 |
|  |                | G 1/4           | 0.23   | 8              | 0 - 6                              | 024/DC                   | 125 301                      | 125 317                                 |
| 0 - 10   |                |                 |  |                | 024/50                             | 125 302                  | 126 082                      |   |
| 0 - 10   |                |                 |  |                | 230/50                             | 125 304                  | 126 084                      |   |
| G 3/8  |                | 0.23            | 10   | 0 - 8          | 024/DC                             | 134 248                  | -                            |   |
|  |                |                 |  | 0 - 14         | 024/50                             | 134 249                  | -                            |   |
|  |                |                 |  | 0 - 14         | 230/50                             | 134 251                  | -                            |   |

Como se indica en la ficha de mantenimiento en el ANEXO C3 la presión del fluido está en un rango de 80 a 100 psi. Para la selección se toma el valor más alto (80 psi) que equivale a 6,89 bar.

Como se puede apreciar en la tabla, la válvula seleccionada tiene un rango de 0 a 12 bar. Por ende, cumple con lo requerido.

### 3.3.6 Conjunto eléctrico para electroválvula de agua

Los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la parte eléctrica de la válvula son:

- Inductor de bobina
- Junta reflectante
- Caja de enchufe



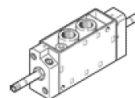
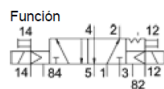
**Figura. 29** Conjunto de electroválvula de agua [25]

### 3.3.7 Válvula electro neumática doble

Este tipo de válvula sirve para poder obtener dos salidas de flujo y poder distribuirse hacia otro lugar desde la misma válvula. Es una válvula de 5/2 vías.



**Resumen de configuración para electroválvula  
JMFH-5-1/4-S  
#14009**



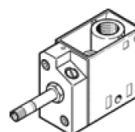
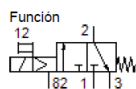
| Características básicas |   |
|-------------------------|---|
| Feature                 | Value   |
| Función de válvula      | Válvula de 5/2 vías, biestable                |
| Conexión neumática      | Rosca Interior G1/4                           |
| Aire de pilotaje        | Externo                                       |
| Conexión eléctrica      | Tubo de guía para el inducido para bobina MSF |
| Certificación           | Sin   |

**Figura. 30** Detalle de válvula electro neumática doble [24]

### 3.3.8 Válvula electro neumática

Esta electroválvula es la que distribuye el flujo hacia la parte interna del enfriador.

**Resumen de configuración para electroválvula  
MFH-3-1/4  
#9964**



| Características básicas |   |
|-------------------------|---|
| Feature                 | Value   |
| Función de válvula      | Válvula de 3/2 vías, normalmente cerrada      |
| Conexión neumática      | Rosca Interior G1/4                           |
| Aire de pilotaje        | Interno                                       |
| Conexión eléctrica      | Tubo de guía para el inducido para bobina MSF |
| Certificación           | Sin   |

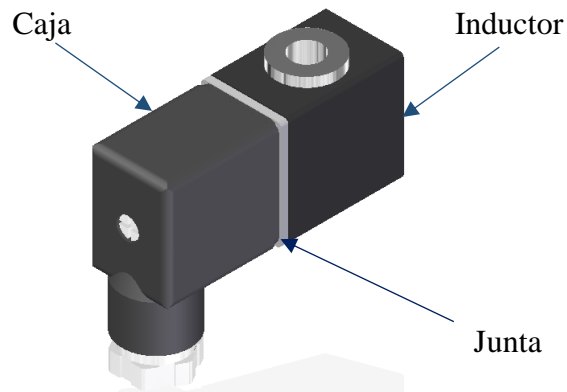
**Figura. 31** Detalle de válvula electro neumática [24]

### 3.3.9 Conjunto eléctrico para válvula electro neumática

Los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la parte eléctrica de la válvula son:

- Inductor de bobina
- Junta reflectante

- Caja de enchufe



**Figura. 32** Conjunto eléctrico para válvula electro neumática [24]

### 3.4 Sistema de aspersión

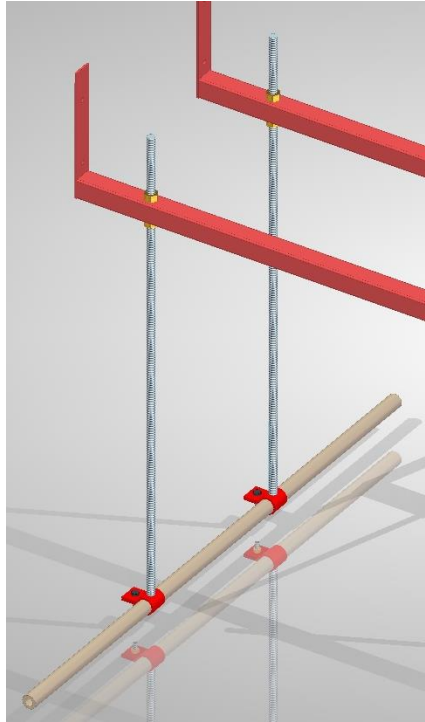
El sistema de aspersión consiste en un conjunto de elementos y válvulas obtenidas del catálogo de Festo, que a su vez se conecta al sistema de válvulas electro neumáticas.

A continuación, se presentan los distintos elementos.

#### 3.4.1 Varilla roscada

Este elemento es el que une el sistema de aspersión con el bastidor del enfriador.

La varilla tiene una rosca M12 y se une mediante tuercas con el bastidor y mediante soldadura con una brida en la parte inferior que posteriormente sujeta un tubo PVC tipo flauta mostrada en la figura 33.



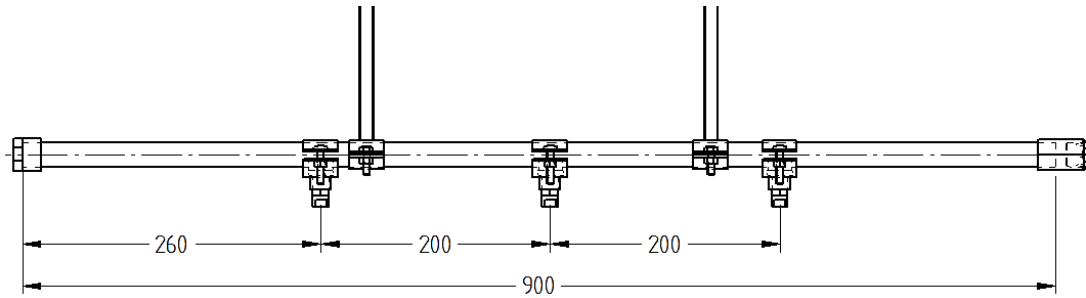
**Figura. 33** Unión con varilla roscada

### **3.4.2 Tubo tipo flauta**

Este tubo es de material plástico tipo PVC, es especialmente fabricado para la circulación de agua y en este caso también para la del aire comprimido. Es capaz de soportar una presión máxima de  $14 \text{ kgf/cm}^2$ . Esto es suficiente para el trabajo que realiza.

La longitud del tubo es de 900 mm y de diámetro nominal de  $\frac{1}{2}$ " , además está provisto de tres agujeros de 5mm de diámetro y se separan a 200 mm como se muestra en la Figura 34. Estos agujeros sirven para poder adaptar el tubo con las boquillas de distribución de agua y de aire.

La figura 34 indica la longitud del tubo y la ubicación de la boquilla, además de un tapón que se ubica en la parte final del tubo. También indica un acople rápido para poder adaptarse con la manguera de agua y de presión respectivamente.



**Figura. 34** Longitud del tubo y distancia entre agujeros

### 3.4.3 Selección de boquillas de agua y aire

La boquilla seleccionada para el sistema es una de tipo rociadora. Esta boquilla distribuye el fluido de manera uniforme y con una presión constante de agua y aire.

Este tipo de boquillas realizan una aspersión con un ángulo que va desde 0° hasta 110° a 40 psi de presión



**Figura. 35** Boquilla de tipo rociador [26]

A continuación, se presenta las características de la boquilla seleccionada en la tabla:

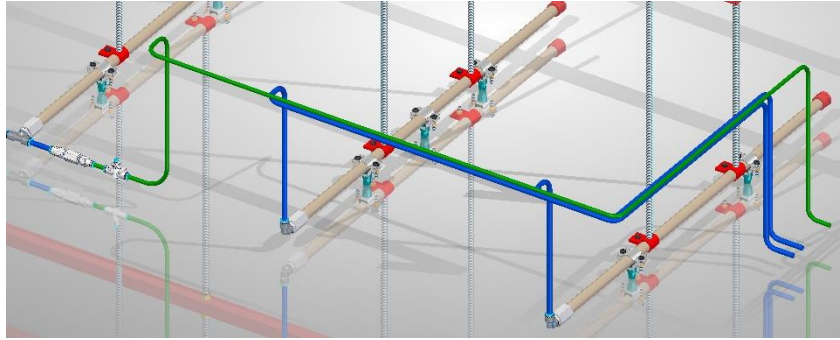
Tabla 7. Características de la boquilla H-U [26]

| Spray Angle at 40 psi | Nozzle Type/ Inlet Conn. (in.) |     |     |      |     |     |     |   |       | Capacity Size | Equiv. Orifice Dia. (in.) | Capacity (gallons per minute)* |     |      |      |      |      |      |      |      |      | Spray Angle (°)* |      |     |     |     |     |
|-----------------------|--------------------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|---|-------|---------------|---------------------------|--------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|-----|-----|-----|-----|
|                       | H-U                            |     |     | H-DU |     | U   |     |   |       |               |                           | 5                              | 10  | 20   | 30   | 40   | 60   | 80   | 100  | 200  | 300  | 500              | 20   | 40  | 80  | 200 |     |
|                       | 1/8                            | 1/4 | 3/8 | 1/2  | 3/4 | 1/8 | 1/4 | 1 | 1-1/4 |               |                           | 2                              |     |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |      |     |     |     |     |
| 110°                  | ●                              | ●   |     |      |     |     |     |   |       |               | 20                        | .109                           | .71 | 1.0  | 1.4  | 1.7  | 2.0  | 2.4  | 2.8  | 3.2  | 4.5  | 5.5              | 7.1  | 105 | 110 | 117 | 118 |
| 95°                   | ●                              | ●   | ●   |      |     | ●   | ●   |   |       |               | 10                        | .079                           | .35 | .50  | .71  | .87  | 1.0  | 1.2  | 1.4  | 1.6  | 2.2  | 2.7              | 3.5  | 89  | 95  | 100 | 105 |
|                       | ●                              | ●   | ●   | ●    |     | ●   | ●   |   |       |               | 15                        | .094                           | .53 | .75  | 1.1  | 1.3  | 1.5  | 1.8  | 2.1  | 2.4  | 3.4  | 4.1              | 5.3  | 90  | 95  | 100 | 105 |
|                       | ●                              | ●   | ●   |      |     | ●   | ●   |   |       |               | 20                        | .109                           | .71 | 1.0  | 1.4  | 1.7  | 2.0  | 2.4  | 2.8  | 3.2  | 4.5  | 5.5              | 7.1  | 90  | 95  | 100 | 105 |
|                       | ●                              | ●   | ●   |      |     | ●   | ●   |   |       |               | 30                        | .133                           | 1.1 | 1.5  | 2.1  | 2.6  | 3.0  | 3.7  | 4.2  | 4.7  | 6.7  | 8.2              | 10.6 | 91  | 95  | 101 | 105 |
|                       | ●                              | ●   | ●   | ●    |     | ●   | ●   |   |       |               | 40                        | .153                           | 1.4 | 2.0  | 2.8  | 3.5  | 4.0  | 4.9  | 5.7  | 6.3  | 8.9  | 11.0             | 14.1 | 92  | 95  | 100 | 105 |
|                       | ●                              | ●   | ●   |      |     | ●   | ●   |   |       |               | 50                        | .172                           | 1.8 | 2.5  | 3.5  | 4.3  | 5.0  | 6.1  | 7.1  | 7.9  | 11.2 | 13.7             | 17.7 | 93  | 95  | 99  | 103 |
|                       | ●                              | ●   | ●   | ●    |     | ●   | ●   |   |       |               | 60                        | .188                           | 2.1 | 3.0  | 4.2  | 5.2  | 6.0  | 7.3  | 8.5  | 9.5  | 13.4 | 16.4             | 21   | 93  | 95  | 99  | 103 |
|                       | ●                              | ●   | ●   | ●    |     | ●   | ●   |   |       |               | 70                        | .203                           | 2.5 | 3.5  | 4.9  | 6.1  | 7.0  | 8.6  | 9.9  | 11.1 | 15.7 | 19.2             | 25   | 93  | 95  | 99  | 103 |
|                       | ●                              | ●   | ●   |      |     | ●   | ●   |   |       |               | 80                        | .217                           | 2.8 | 4.0  | 5.7  | 6.9  | 8.0  | 9.8  | 11.3 | 12.6 | 17.9 | 22               | 28   | 93  | 95  | 99  | 102 |
|                       | ●                              | ●   | ●   | ●    |     | ●   | ●   |   |       |               | 100                       | .243                           | 3.5 | 5.0  | 7.1  | 8.7  | 10.0 | 12.2 | 14.1 | 15.8 | 22   | 27               | 35   | 93  | 95  | 99  | 102 |
| ●                     | ●                              | ●   |     |      | ●   | ●   |     |   |       | 150           | .297                      | 5.3                            | 7.5 | 10.6 | 13.0 | 15.0 | 18.4 | 21   | 24   | 34   | 41   | 53               | 93   | 95  | 99  | 102 |     |
| ●                     | ●                              | ●   |     |      | ●   | ●   |     |   |       | 400           | .472                      | 14.1                           | 20  | 28   | 35   | 40   | 49   | 57   | 63   | 89   | 110  | 141              | 93   | 95  | 99  | 102 |     |
| 65°                   | ●                              | ●   | ●   |      |     | ●   | ●   |   |       |               | 10                        | .079                           | .35 | .50  | .71  | .87  | 1.0  | 1.2  | 1.4  | 1.6  | 2.2  | 2.7              | 3.5  | 56  | 65  | 71  | 74  |
|                       | ●                              | ●   | ●   |      |     | ●   | ●   |   |       |               | 12                        | .084                           | .42 | .60  | .85  | 1.0  | 1.2  | 1.5  | 1.7  | 1.9  | 2.7  | 3.3              | 4.2  | 56  | 65  | 71  | 73  |
|                       | ●                              | ●   | ●   | ●    |     | ●   | ●   |   |       |               | 15                        | .094                           | .53 | .75  | 1.1  | 1.3  | 1.5  | 1.8  | 2.1  | 2.4  | 3.4  | 4.1              | 5.3  | 56  | 65  | 70  | 73  |
|                       | ●                              | ●   | ●   |      |     | ●   | ●   |   |       |               | 20                        | .109                           | .71 | 1.0  | 1.4  | 1.7  | 2.0  | 2.4  | 2.8  | 3.2  | 4.5  | 5.5              | 7.1  | 57  | 65  | 70  | 73  |
|                       | ●                              | ●   | ●   |      |     | ●   | ●   |   |       |               | 25                        | .121                           | .88 | 1.3  | 1.8  | 2.2  | 2.5  | 3.1  | 3.5  | 4.0  | 5.6  | 6.8              | 8.8  | 57  | 65  | 69  | 73  |
|                       | ●                              | ●   | ●   | ●    |     | ●   | ●   |   |       |               | 30                        | .133                           | 1.1 | 1.5  | 2.1  | 2.6  | 3.0  | 3.7  | 4.2  | 4.7  | 6.7  | 8.2              | 10.6 | 58  | 65  | 69  | 72  |
|                       | ●                              | ●   | ●   |      |     | ●   | ●   |   |       |               | 40                        | .153                           | 1.4 | 2.0  | 2.8  | 3.5  | 4.0  | 4.9  | 5.7  | 6.3  | 8.9  | 11.0             | 14.1 | 59  | 65  | 68  | 72  |
|                       | ●                              | ●   | ●   | ●    |     | ●   | ●   |   |       |               | 50                        | .172                           | 1.8 | 2.5  | 3.5  | 4.3  | 5.0  | 6.1  | 7.1  | 7.9  | 11.2 | 13.7             | 17.7 | 60  | 65  | 68  | 71  |
|                       | ●                              | ●   | ●   |      |     | ●   | ●   |   |       |               | 60                        | .188                           | 2.1 | 3.0  | 4.2  | 5.2  | 6.0  | 7.3  | 8.5  | 9.5  | 13.4 | 16.4             | 21   | 60  | 65  | 68  | 71  |
|                       | ●                              | ●   | ●   | ●    |     | ●   | ●   |   |       |               | 70                        | .203                           | 2.5 | 3.5  | 4.9  | 6.1  | 7.0  | 8.6  | 9.9  | 11.1 | 15.7 | 19.2             | 25   | 60  | 65  | 68  | 71  |
| ●                     | ●                              | ●   |     |      | ●   | ●   |     |   |       | 100           | .243                      | 3.5                            | 5.0 | 7.1  | 8.7  | 10.0 | 12.2 | 14.1 | 15.8 | 22   | 27   | 35               | 58   | 65  | 69  | 70  |     |
| ●                     | ●                              | ●   |     |      | ●   | ●   |     |   |       | 150           | .297                      | 5.3                            | 7.5 | 10.6 | 13.0 | 15.0 | 18.4 | 21   | 24   | 34   | 41   | 53               | 59   | 65  | 68  | 70  |     |

### 3.4.4 Mangueras de distribución de agua y aire

Para el sistema de aspersión, se seleccionan dos tipos de manguera. De 8 mm de diámetro para la distribución de agua y de 10 mm de diámetro para la distribución de aire.

Este tipo de manguera es plástico y es muy maleable y adaptable a la forma en la que se ubique. Estas propiedades son indispensables en el sistema ya que las mangueras deben ir por lugares en donde es necesario realizar dobleces para continuar con la trayectoria del sistema.



**Figura. 36** Mangueras de distribución de agua y aire

### 3.4.5 Elementos de acople rápido

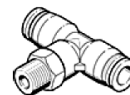
En el sistema de aspersión se deben realizar varios acoples y la manera más sencilla es hacerlo con acoples rápidos. Estos son seleccionados del catálogo de Festo ya que soportan las presiones que existirán dentro del sistema, además de ser totalmente de acero inoxidable, recomendado para la industria alimenticia.

A continuación, se enuncian todos los tipos de acoples utilizados en el sistema:

#### 3.4.5.1 Racor rápido en T

Este elemento básicamente hace que se una la manguera que distribuye el agua con la que distribuye el aire para realizar una aspersión combinada en la salida.

**QST-1/2-10  
#190672**



| Características básicas  |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| Feature                  | Value                      |
| Forma constructiva       | En forma de T              |
| Conexión neumática 1     | Rosca exterior R1/2        |
| Conexión neumática 2     | Racor de conexión de 10 mm |
| Contenido en el embalaje | 1 unidad                   |

| Otras opciones de productos |          |
|-----------------------------|----------|
| Feature                     | Value    |
| Tipo de montaje             | Estándar |
| Característica adicional    | Sin      |

**Figura. 37** Detalle racor rápido en T [24]

### 3.4.5.2 Racor rápido roscado

Este elemento es un tipo de unión. Por un lado, es de unión rápida para acoplarse con la manguera y por otro lado se acopla mediante rosca con la válvula anti retorno.

Resumen de configuración para racor rápido roscado  
QSF-1/4-10-B  
#153028



| Características básicas  |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| Feature                  | Value                      |
| Forma constructiva       | Forma recta                |
| Conexión neumática 1     | Rosca interior G1/4        |
| Conexión neumática 2     | Racor de conexión de 10 mm |
| Contenido en el embalaje | 10 unidades                |

| Otras opciones de productos |          |
|-----------------------------|----------|
| Feature                     | Value    |
| Tipo de montaje             | Estandar |
| Característica adicional    | Sin      |

Figura. 38 Detalle de racor rápido roscado [24]

### 3.4.5.3 Válvula de estrangulación

Esta válvula ayuda a regular de manera manual el paso del flujo de agua o de aire.

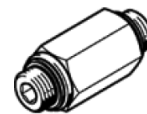


Figura. 39 Modelo válvula de estrangulación [24]

### 3.4.5.4 Válvula anti retorno

Esta válvula hace que el fluido que pasa por el sistema no pueda regresar ya que es unidireccional y esto ayuda a que cuando haya los cambios de procesos no exista retorno de fluidos.

#### Resumen de configuración para válvula de antirretorno H-1/4-B #11689



| Feature              | Value               |
|----------------------|---------------------|
| Sentido del flujo    | Estandar            |
| Conexión neumática 1 | Rosca exterior G1/4 |
| Conexión neumática 2 | Rosca exterior G1/4 |

Figura. 40 Detalle válvula anti retorno [24]

### 3.4.5.5 Racor rápido roscado en L

Este elemento se utiliza para la llegada del fluido al tubo y a su vez a la aspersion. Se ubica en los dos últimos tubos en donde solo existe salida de aire.

#### Resumen de configuración para racor rápido roscado en L QSL-1/2-10 #190661



| Características básicas  |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| Feature                  | Value                      |
| Forma constructiva       | En forma de L              |
| Conexión neumática 1     | Rosca exterior R1/2        |
| Conexión neumática 2     | Racor de conexión de 10 mm |
| Contenido en el embalaje | 1 unidad                   |

| Otras opciones de productos |          |
|-----------------------------|----------|
| Feature                     | Value    |
| Tipo de montaje             | Estandar |
| Característica adicional    | Sin      |

Figura. 41 Detalle racor rápido en L [24]



### 3.4.5.6 Pasamuros

Este elemento se utiliza en la unión de la parte exterior en donde se encuentra el sistema de electro válvulas, con la parte interna en el sistema de aspersión. Este elemento debe traspasar la pared del bastidor.

#### Resumen de configuración para racor pasamuros QSS-10 #153160



| Características básicas  |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| Feature                  | Value                      |
| Forma constructiva       | Racor rápido pasamuros     |
| Conexión neumática 1     | Racor de conexión de 10 mm |
| Conexión neumática 2     | Racor de conexión de 10 mm |
| Contenido en el embalaje | 10 unidades                |

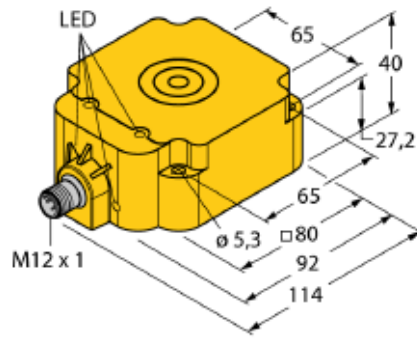
| Otras opciones de productos |          |
|-----------------------------|----------|
| Feature                     | Value    |
| Tipo de montaje             | Estándar |
| Característica adicional    | Sin      |

Figura. 42 Detalle pasamuros [24]

### 3.4.6 Sensor inductivo

Los sensores son una parte importante para la programación del PLC y para el correcto funcionamiento del proceso de enfriamiento. Estos tienen la función de detectar el molde desde la entrada del enfriador hasta la salida del mismo. En total son 7 sensores que se ubican en la máquina.

La figura 43 indica el tipo de sensor y sus dimensiones principales:

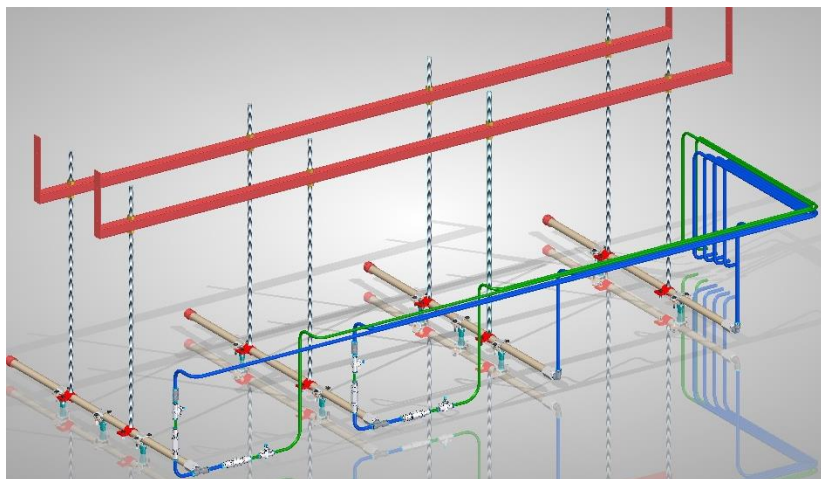


**Figura. 43** Sensor Ni75U - Q80 - VP4X2 - H1141 [27]

Los sensores inductivos detectan objetos metálicos sin contacto y sin desgaste. Debido al patentado sistema multi-bobina, los sensores Uprox tienen ventajas sobre los sensores convencionales. Se destacan en las distancias de conmutación, tienen máxima flexibilidad y fiabilidad operacional, así como una estandarización eficiente. [27]

### 3.5 Cálculo de los fluidos

A continuación, se analiza el consumo de los dos fluidos instalados en el enfriador de molde.



**Figura. 44** Esquema del sistema de aspersión de agua y aire

### **3.5.1 Consumo de agua**

Se verifica el consumo de agua que existe en la máquina cuando se realiza el proceso de enfriado del molde. Para ello se realiza la selección por un lado y el cálculo por otro, ya que existe un dato ya dado en la ficha técnica de la boquilla, pero también se puede realizar el cálculo real del consumo.

Datos técnicos de la boquilla a considerar en el enfriador:

P= 50 psi

Boquilla 6520

Ø= 2,8 mm

Consumo de ficha:

Q = 7,9 L/min a 3 bares de presión

La ficha indica un consumo de 7,9 litros de agua en cada minuto del proceso y una presión de 3 bares.

#### **3.5.1.1 Consumo real de agua.**

Se verifica el consumo de agua mediante el cálculo y considerando los datos adquiridos. Se realizan pruebas de gasto de agua durante un lapso de 30 min en el cual se recolecto una cantidad de 50 litros de agua trabajando a 45 psi.

Para ello se utiliza la ecuación del caudal la cual indica el volumen de fluido que se genera en el proceso a un determinado tiempo.

$$QT = V/t$$

**[4] Ec. Caudal**

$$QT = \frac{50L}{30} \text{ min}$$

$$QT = 1,66 \text{ L/min} = 2400 \text{ L/dia}$$

Esta cantidad se divide por en número de boquillas que están colocadas en el sistema:

$$Q_{boq} = QT/\#boquillas \quad [5] \text{ Ec. Caudal de boquilla}$$

Donde:

$Q_{boq}$  Caudal de cada boquilla (L/min)

$QT$  Caudal total (L/min)

Aplicando la ecuación 5 se tiene que:

$$Q_{boq} = 1,66 \text{ L/min}/6 \text{ boquillas}$$

$$Q_{boq} = 0,27 \text{ L/min}$$

La cantidad disminuye considerablemente comparado con el dato que se aprecia en la ficha técnica de las boquillas (7,9 L/min), ya que mediante la programación que se realizó, esta genera una señal a las electroválvulas de agua que abre la aspersion por pulsaciones produciendo un ahorro de agua.

### 3.5.2 Consumo de aire comprimido

Se verifica el consumo del flujo de aire que sale en la máquina en el proceso de enfriamiento mediante fichas técnicas de los componentes utilizados.

A continuación, se indican los datos a considerar de la ficha del compresor:

Marca = Kaeser

Potencia del motor = 15 HP

Voltaje de alimentación = 230/460 VAC

Cos  $\phi$  = 0,95

Presión de trabajo = 125 psi

Caudal teórico 64 cfm (1,812m<sup>3</sup>/min)

Datos técnicos de la boquilla de aire utilizada en el enfriador:

$\phi$  = 2,8 mm

Q = 11,2 l/min a 6 bar

La ficha de la boquilla indica un consumo de aire de 11,2 litros por cada minuto del proceso a 6 bares de presión.

### **3.5.2.1 Consumo real de aire comprimido**

Se verifica el consumo de flujo de aire mediante una auditoria externa realizada el 24/10/2017. Se calculó que el caudal real de trabajo del compresor que está inyectando a la Planta es de 44,80 cfm (1,27m<sup>3</sup>/min).

Por tema de costos no se puede instalar un medidor de flujo en la línea para verificar el caudal de aire comprimido que ingresa a la máquina, no obstante, se tiene datos de caudal de aire que tiene cada máquina de la Planta, el cual ayuda a dar un diferencial de aire de 10 cfm equivalente a 0,2831 m<sup>3</sup>/min.

Aplicando la ecuación 5 se obtiene que:

$$Q_{\text{boq}} = 283,16 \text{ l/min} / 10 \text{ boquillas}$$

$$Q_{\text{boq}} = 28,31 \text{ l/min}$$

Al realizar el cálculo del consumo real se puede determinar que el caudal que se utiliza en la maquina es mayor al que se indica en la ficha de la boquilla por más del doble. Gracias a esto se puede obtener los valores reales de los costos por funcionamiento del enfriador.

### 3.6 Enfriamiento del molde

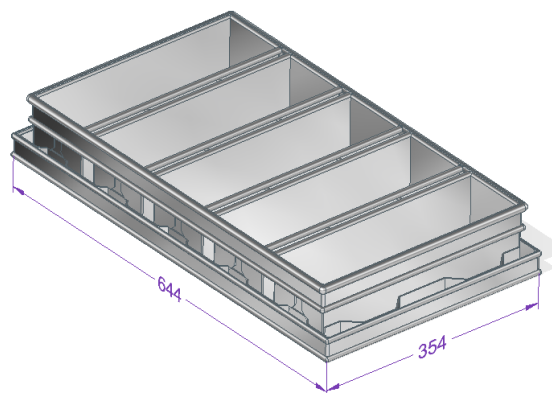
El análisis del molde consiste en calcular la cantidad de calor que se transfiere por convección de la superficie del molde con respecto al líquido.

También se determina la temperatura de salida del molde mediante una simulación con el software de Solid Works 2017.

#### 3.6.1 Cálculo de transferencia de calor

Para los siguientes cálculos hay que tomar en cuenta que se analiza solo la superficie como área de contacto del molde ya que es la de mayor incidencia y a la cual hay que trabajar para la disminución de la temperatura de esta zona del molde.

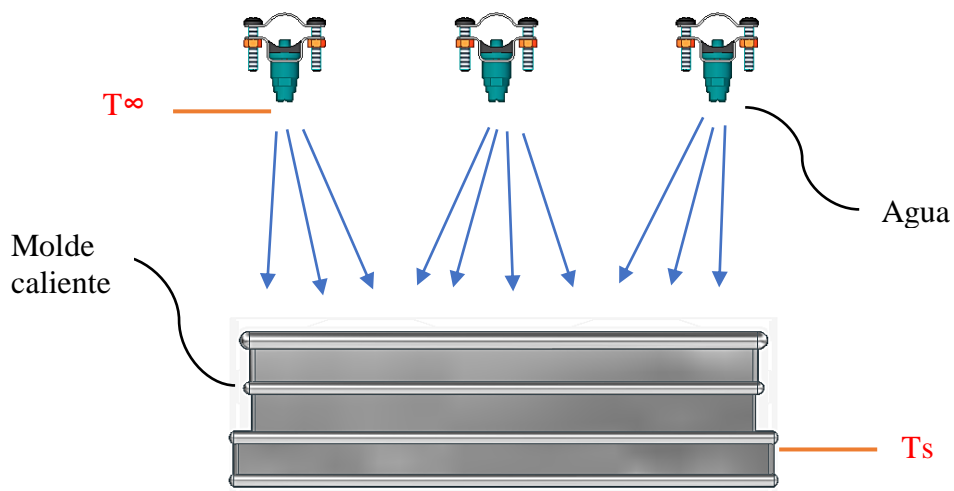
Las dimensiones de la superficie de contacto son 354 mm de ancho por 644 mm de largo como se muestra en la figura 45. Los moldes de pan tienen un peso de 3,5 kg.



**Figura. 45** Dimensiones del molde a analizar

El chorro de agua que se emite al molde se lo realiza mediante aspersión, y con la ayuda del aire comprimido, no permite que exista un contacto brusco entre el molde caliente y el agua a baja temperatura, evitando de esta manera una evaporización del líquido.

El coeficiente de transferencia de calor por convección  $h$  no es una propiedad del fluido, es un parámetro determinado de forma experimental cuyo valor depende de todas las variables que afectan la convección, como la configuración geométrica de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido, las propiedades del fluido y la velocidad volumétrica del fluido. Los valores representativos de  $h$ , en  $W/m^2 \cdot K$ , se encuentran en el intervalo entre 2 y 25 para la convección libre de gases, 50 y 1000 para la convección libre de líquidos, 25 y 250 para la convección forzada de gases, 50 a 20000 para la convección forzada de líquidos y 2500 a 100000 para la convección en procesos de ebullición y condensación. [9]



**Figura. 46** Bosquejo de convección generada en el enfriador

$$\frac{Q}{\Delta t} = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$$

**[6] Ec. Transferencia de calor por convección**

Donde:

$$\frac{Q}{\Delta t} \quad \text{Transferencia de calor por convección} \quad (\text{W})$$

|            |   |                        |
|------------|---|------------------------|
| $h$        | Coficiente de transferencia de calor por convección | (W/m <sup>2</sup> . K) |
| $A$        | Área superficial de transferencia de calor          | (m <sup>2</sup> )      |
| $T_s$      | Temperatura de la superficie del molde              | (K)                    |
| $T_\infty$ | Temperatura del fluido aire                         | (K)                    |

Para el coeficiente de transferencia de calor se consideran tres valores que están dentro del rango de una convección forzada de líquido. Mostrado en la tabla 8

Tabla 8. Valores de coeficiente de transferencia de calor por convección. [9]

| Convección libre   | $h_c$ (W/m <sup>2</sup> .°C) |
|--------------------|------------------------------|
| Gases              | 2-25                         |
| Líquidos           | 50-1000                      |
| Convección forzada | $h_c$ (W/m <sup>2</sup> .°C) |
| Gases              | 25-250                       |
| Líquidos           | 50-20000                     |

Los datos considerados se encuentran en el rango de valores son:

- a)  $h = 5000 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- b)  $h = 10000 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- c)  $h = 20000 \text{ W/m}^2.\text{K}$

El área que se toma es el de la superficie de contacto. Estos datos dados anteriormente dan como resultado un área de 0,228 m<sup>2</sup>

La temperatura de la superficie es la temperatura a la que ingresa el molde al enfriador y es de 90 °C que equivale a 363 K.

La temperatura de la salida del sistema de aspersion es de 10 °C cuando en el ambiente exterior hace frio y de 20°C cuando en el ambiente exterior hace calor. Promediando estos valores, para el cálculo se toma una temperatura de 15 °C que equivale a 288 K.



a) Aplicando la ecuación 6 y con  $h = 5000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ :

$$\frac{Q}{\Delta t} = 5000 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 0.228 m^2 \times (363 - 288)K$$

$$\frac{Q}{\Delta t} = 85500 W$$

También se puede expresar en:

$$\frac{Q}{\Delta t} = 85500 \frac{J}{s}$$

Como el tiempo que dura el proceso en el enfriador es de 30 segundos, se multiplica es valor al resultado dado, ya que la transferencia de calor esta con respecto al tiempo.

Entonces:

$$Q = 85500 \frac{J}{s} \times 30 s$$

$$Q = 2565000 J \approx 2.57 MJ$$

b) Aplicando la ecuación 6 y con  $h = 10000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ :

$$\frac{Q}{\Delta t} = 10000 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 0.228 m^2 \times (363 - 288)K$$

$$\frac{Q}{\Delta t} = 171000 W$$

También se puede expresar en:

$$\frac{Q}{\Delta t} = 171000 \frac{J}{s}$$

Como el tiempo que dura el proceso en el enfriador es de 30 segundos, se multiplica es valor al resultado dado, ya que la transferencia de calor esta con respecto al tiempo.

Entonces:

$$Q = 171000 \frac{J}{s} \times 30 s$$

$$Q = 5130000 J \approx 5.13 MJ$$

c) Aplicando la ecuación 6 y con  $h = 20000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ :

$$\frac{Q}{\Delta t} = 20000 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 0,228 m^2 \times (363 - 288) K$$

$$\frac{Q}{\Delta t} = 342000 W$$

También se puede expresar en:

$$\frac{Q}{\Delta t} = 342000 \frac{J}{s}$$

Como el tiempo que dura el proceso en el enfriador es de 30 segundos, se multiplica es valor al resultado dado, ya que la transferencia de calor esta con respecto al tiempo.

Entonces:

$$Q = 342000 \frac{J}{s} \times 30 s$$

$$Q = 10260000 \text{ J} \approx 10,26 \text{ MJ}$$

Los valores del calor transferido en todo el transcurso del proceso del molde desde que ingresa al enfriador hasta que sale del mismo son de:

$$Q = 2,57 \text{ MJ}$$

$$Q = 5,13 \text{ MJ}$$

$$Q = 10,26 \text{ MJ}$$

Se toma el valor del calor de 2,57 MJ cuando  $h$  es igual a  $5000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  ya que por apreciación los otros valores dan resultados demasiado elevados que no están acordes a lo realizado en el proceso de enfriamiento en la realidad

### **3.6.2 Simulación del sistema de enfriamiento en Solid Works 2017**

Mediante el software Solid Works 2017 se procede a realizar la simulación. Se toma la información necesaria del objeto a estudio para la simulación, en este caso es el molde de pan con los datos expuestos en el Anexo E.

Los datos que se van a considerar para cada simulación son la temperatura con la que el molde ingresa al enfriador y el tiempo que permanece en el mismo.

Datos:

Temperatura inicial =  $90 \text{ }^\circ\text{C}$

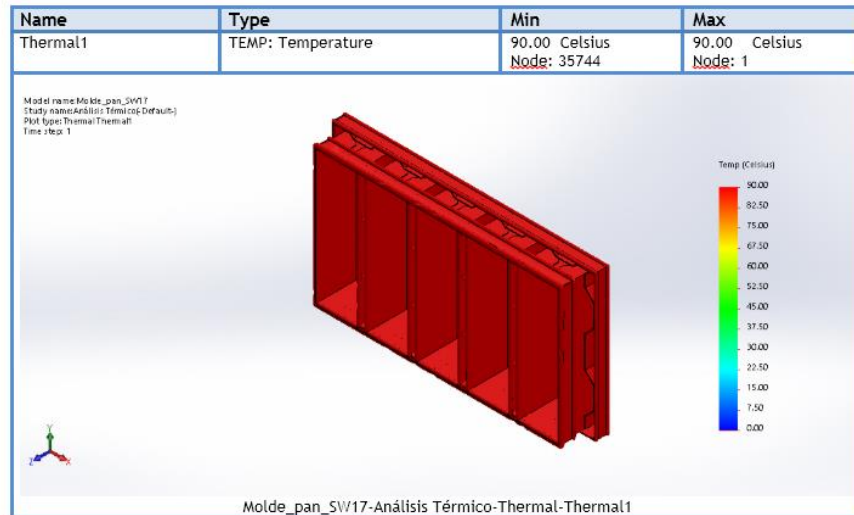
Tiempo de enfriamiento = 30 seg

Velocidad de banda transportadora =  $4,27 \text{ m/min}$

La simulación se divide en 4 etapas fundamentales de estudio:

### 3.6.2.1 Etapa 1

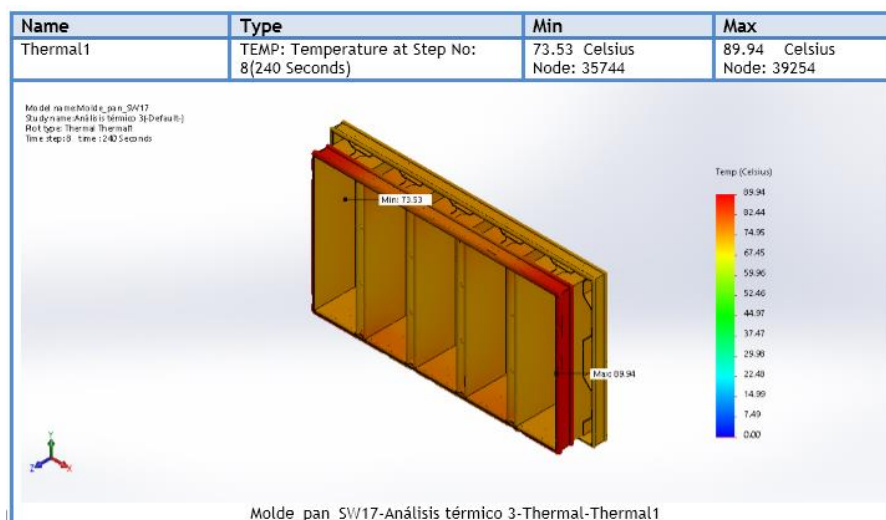
El molde de acero aluminizado sale de la sección de horneado y pasa por la separación del producto final y el molde, en ese punto se toma el dato de la primera muestra de su temperatura máxima que llega a 90 °C. Como se muestra en la Figura 47.



**Figura. 47** Análisis térmico en la primera etapa

### 3.6.2.2 Etapa 2

Se toma el dato de la temperatura del molde de pan antes de ingresar al sistema de enfriamiento su temperatura máxima es de 89,94 °C. Como se muestra en la Figura 48



**Figura. 48** Análisis térmico en la segunda etapa

### 3.6.2.3 Etapa 3

La caja ingresa al sistema de enfriamiento por 30 segundos en los cuales se le rocía agua y aire a una temperatura de 10 °C y se obtiene una temperatura máxima en la mayoría del molde entre 35 °C y 40 °C. Como se muestra en la Figura 49

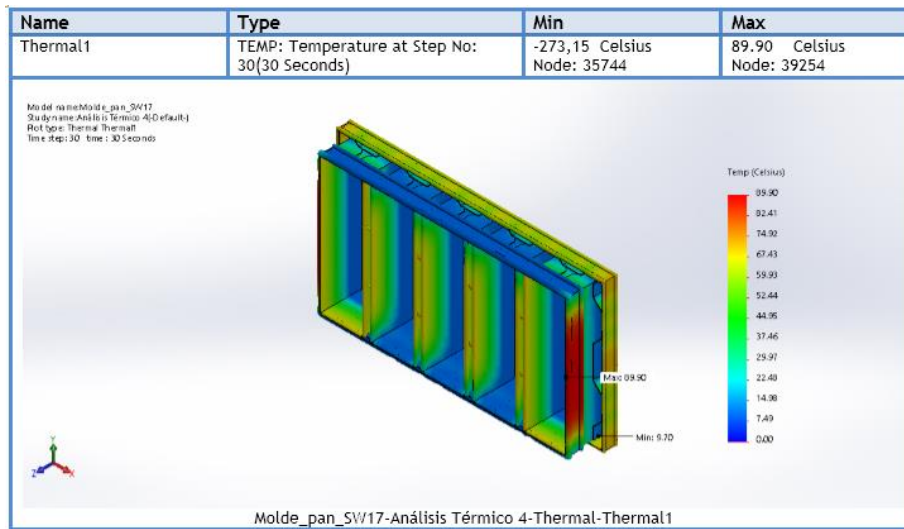


Figura. 49 Análisis térmico en la tercera etapa

### 3.6.2.4 Etapa 4

Se toma el dato de la temperatura en lo que falta del recorrido de la banda en la cual se tiene un tiempo estimado de 30 segundo, en este punto la temperatura del molde es la deseada. Como se muestra en la Figura 50

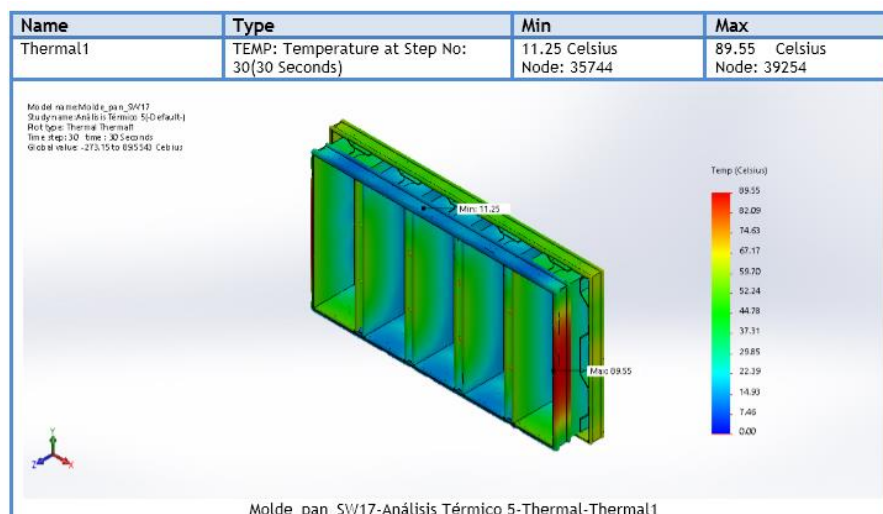


Figura. 50 Análisis térmico en la cuarta etapa

### 3.7 Selección del PLC

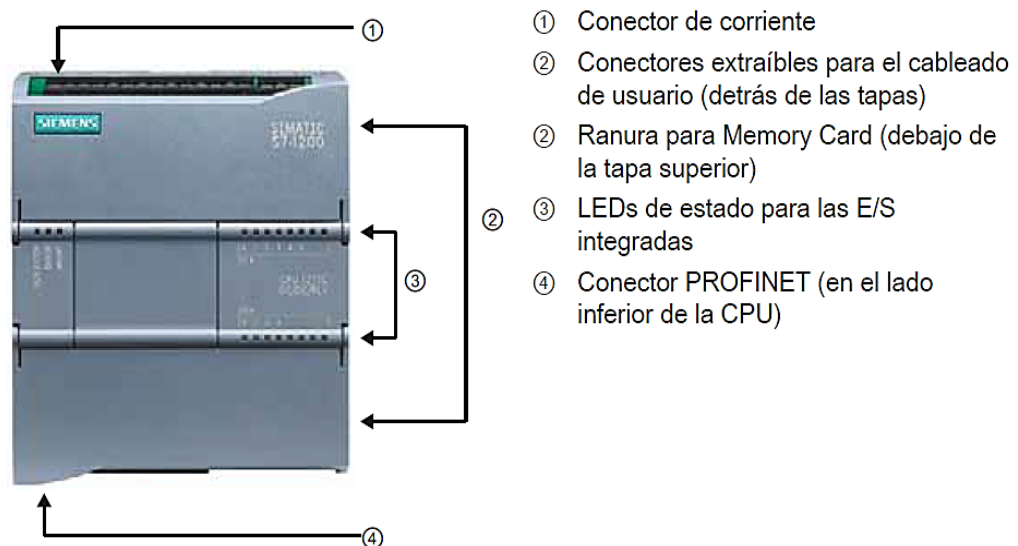
Para la programación del enfriador de moldes se ha utilizado un PLC de marca Siemens, modelo S7-1200.

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. [28]

Este PLC incorpora un microprocesador, la fuente de alimentación y circuitos de entrada y salida de manera compacta, sin demasiado uso de espacio. En el anexo F se presentan más características principales del PLC seleccionado.

El programa contiene una lógica que controla las entradas y los cambios de estado según lo programado por el usuario.

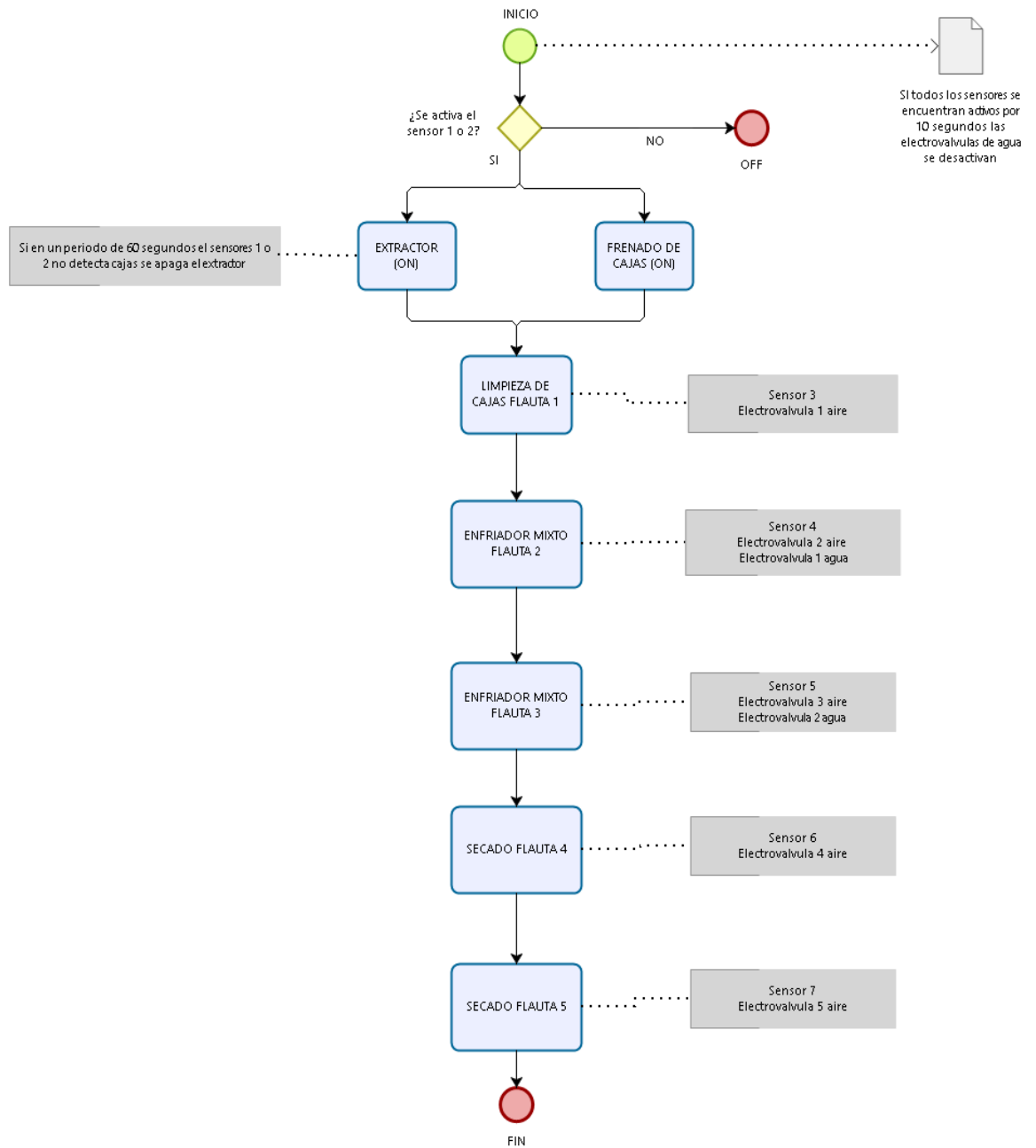
“Puede incluirse lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas y también puede comunicarse con otros dispositivos inteligentes” [28].



**Figura. 51** Partes del PLC S7-1200 [28]

La programación del PLC se la realiza por medio del software STEP 7 Basic. Este ofrece un entorno amigable para poder desarrollar, editar y observar la lógica necesaria para el buen funcionamiento de la programación y el control de todos los dispositivos utilizados por el usuario. Este software tiene dos tipos de lenguaje de programación: KOP y FUP, que permiten programar el control del enfriador de manera fácil y eficiente. [28]

El diagrama de flujo correspondiente a la programación del proceso del enfriador se presenta a continuación en la figura 51:



**Figura. 52** Diagrama de flujo de la programación



### 3.8 Cálculos eléctricos

Se procede a realizar un cálculo de consumo eléctrico para verificar que el gasto en el enfriador sea el mínimo y necesario para no generar pérdidas en los costos de operación.

Se calcula cada parte que realice un consumo de energía eléctrica por más mínimo que sea ya que este al final representa las ganancias o pérdidas en la fábrica.

#### 3.8.1 Consumo energético de motor trifásico

El motor trifásico seleccionado cumple con los parámetros necesarios para funcionar de una manera correcta al realizar la extracción del vapor generado por el molde caliente, la aspersion del agua y el aire comprimido.

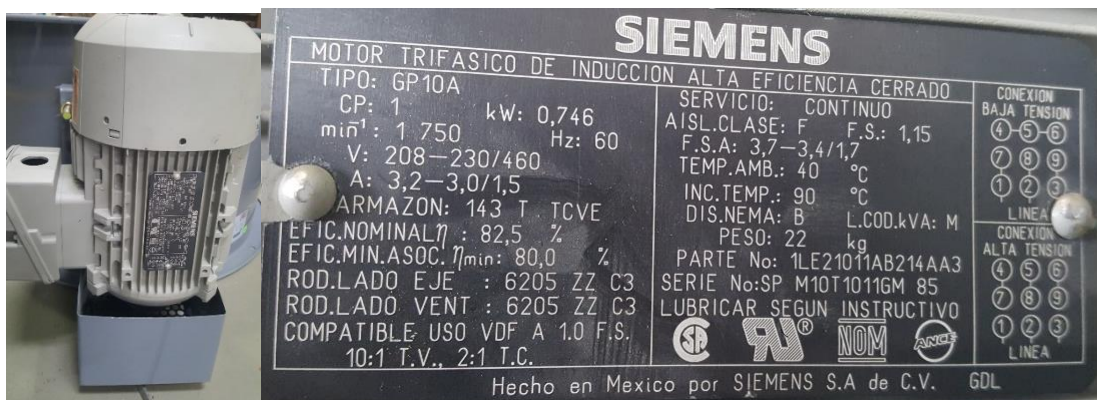


Figura. 53 Características del motor trifásico

El motor trifásico contiene las siguientes características:

Marca: SIEMENS

Modelo: GP10A

$P = 1 \text{ HP} = 0,746 \text{ kW}$

$V = 220 \text{ V}$

$$I = 3,2 \text{ A}$$

$$\text{RPM} = 1750 \text{ rpm}$$

El costo por kilo watts hora (KWh) en la ciudad de Quito es de 10 centavos de dólar.

Se aplica la siguiente ecuación que indica el consumo máximo que genera el elemento, para luego con este dato poder calcular el costo de la energía eléctrica producido por cada día:

$$Ec_{\text{max}} = P \times H_{\text{tr}} \quad \text{[7] Ec. Consumo de energía máximo}$$

Donde:

$$P \quad \text{Potencia} \quad (\text{kW})$$

$$H_{\text{tr}} \quad \text{Horas de trabajo por día} \quad (\text{h/día})$$

Aplicando la ecuación 7:

$$Ec_{\text{max}} = 0,7457 \text{ kW} \times 24 \text{ h/día}$$

$$Ec_{\text{max}} = 17,904 \text{ kWh/día}$$

Luego de haber calculado el consumo máximo por día, se procede a calcular el costo de la energía por día con la siguiente ecuación:

$$\text{Costo por día} = Ec_{\text{max}} \times \text{Costo kWh} \quad \text{[8] Ec. Costo por día}$$

$$\text{Costo por día} = 17,904 \text{ kWh/día} \times 0,10 \text{ \$/kWh}$$

$$\text{Costo por día} = \$ 1,79$$

El costo generado por este elemento cada día es de \$1,79, valor que está dentro de los parámetros para el costo de producción.

### 3.8.2 Consumo energético fuente de poder Sitop PSU 200M



**Figura. 54** Fuente de poder SITOP PSU200M [28]

La fuente de poder contiene las siguientes características:

Marca: SIEMENS

Modelo: 6EP1333-3BA10

V= 220 V

I= 1,2 A

El costo por kilo watts hora (kWh) en la ciudad de Quito es de 10 centavos de dólar.

Para realizar el cálculo de consumo se debe obtener la potencia eléctrica generada por la fuente de poder.

La potencia eléctrica es el ritmo con que la energía eléctrica se transfiere por un circuito eléctrico.

$$P = V \times I$$

**[9] Ec. Potencia**

Con las características de los datos tomados de la fuente de poder y aplicando la ecuación 9 se tiene que:

$$P = 220 \text{ V} \times 1.2 \text{ A}$$

$$P = 264 \text{ W} = 0,264 \text{ kW}$$

Se procede a calcular el consumo máximo aplicando la ecuación 7:

$$E_{c \text{ max}} = 0,264 \text{ kW} \times 24 \text{ h/día}$$

$$E_{c \text{ max}} = 6,336 \text{ kWh/día}$$

Luego de haber calculado el consumo máximo por día, se procede a calcular el costo de la energía por día aplicando la ecuación 8:

$$\text{Costo por día} = E_{c \text{ max}} \times \text{Costo kWh}$$

$$\text{Costo por día} = 6,336 \text{ kWh/día} \times 0,10 \text{ \$/kWh}$$

$$\text{Costo por día} = \$ 0,64$$

El costo generado por este elemento cada día es de \$0,64, valor que está dentro de los parámetros para el costo de producción.

### 3.8.3 Consumo energético del PLC Simatic S7-1200

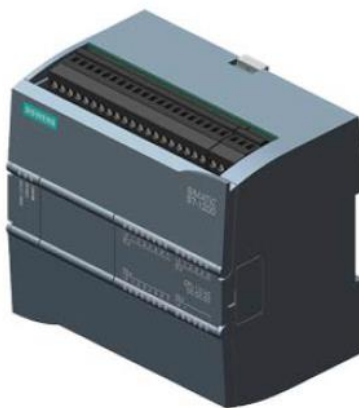


Figura. 55 PLC SIMATIC S7-1200 [28]

El PLC contiene las siguientes características:

Marca: SIEMENS

Modelo: 6ES7214-1AG40-0XB0

$$V_N = 24 \text{ V} \quad V_{\max} = 28,8 \text{ V}$$

$$I_N = 500 \text{ mA} \quad I_{\max} = 12 \text{ A}$$

El costo por kilo watts hora (KWh) en la ciudad de Quito es de 10 centavos de dólar.

Con las características dadas de la fuente de poder y aplicando la ecuación 6 se tiene que:

$$P = 28,8 \text{ V} \times 12 \text{ A}$$

$$P = 345,6 \text{ W} = 0,345 \text{ kW}$$

Se procede a calcular el consumo máximo aplicando la ecuación 7:

$$E_{c \max} = P \times H_{tr}$$

$$E_{c \max} = 0,345 \text{ kW} \times 24 \text{ h/día}$$

$$E_{c \max} = 8,294 \text{ kWh/día}$$

Luego de haber calculado el consumo máximo por día, se procede a calcular el costo de la energía por día aplicando la ecuación 8:

$$\text{Costo por día} = E_{c \max} \times \text{Costo kWh}$$

$$\text{Costo por día} = 8,294 \text{ kWh/día} \times 0,10 \text{ \$ / kWh}$$

$$\text{Costo por día} = \text{\$ } 0,83$$

El costo generado por este elemento cada día es de \$0,83, valor que está dentro de los parámetros para el costo de producción.

### 3.8.4 Consumo energético de pantalla Simatic HMI KTP 400 BASIC



**Figura. 56** Pantalla Simatic HMI KTP 400 BASIC [28]

La pantalla Simatic contiene las siguientes características:

Marca: SIEMENS

Modelo:

$$V_N = 24 \text{ V} \quad V_{\max} = 28,8 \text{ V}$$

$$I = 125 \text{ mA}$$

$$P = 3 \text{ W}$$

Se procede a calcular el consumo máximo aplicando la ecuación 7:

$$E_{c \max} = 0,003 \text{ kW} \times 24 \text{ H/día}$$

$$E_{c \max} = 0,072 \text{ kWh/día}$$

Luego de haber calculado el consumo máximo por día, se procede a calcular el costo de la energía por día aplicando la ecuación 8:

Costo por día = 0,072 kWh/día x 0,10 \$ / kWh

**Costo por día = \$ 0,07**

El costo generado por este elemento cada día es de \$0,83, valor que está dentro de los parámetros para el costo de producción.

### 3.8.5 Consumo energético de aire comprimido



**Figura. 57** Compresor Kaeser

El compresor Kaeser contiene las siguientes características:

Marca: KAESER

Modelo: SK 15

$V_N = 220 \text{ V}$

$P = 11,19 \text{ kW}$

$$I_{\text{carga}} = 34 \text{ A}$$

$$I_{\text{vacío}} = 14,4 \text{ A}$$

$$Q = 1,34 \text{ m}^3/\text{min}$$

El costo por kilo watts hora (kWh) en la ciudad de Quito es de 10 centavos de dólar.

Se procede a calcular el consumo máximo aplicando tomando referencia la tabla 9 que fue realizada antes de la instalación y funcionamiento del enfriador de moldes.

Tabla 9. Consumo energético compresor sin enfriador de moldes

|              | CONSUMO ENERGÉTICO |          |       |            |          |                 |          |       |            |         |              |                    |                 |
|--------------|--------------------|----------|-------|------------|----------|-----------------|----------|-------|------------|---------|--------------|--------------------|-----------------|
|              | TIEMPO DE CARGA    |          |       |            |          | TIEMPO DE VACIO |          |       |            |         | TOTAL        |                    |                 |
|              | VOLTAJE            | AMPERAJE | 1D    | KWh        | PRECIO   | VOLTAJE         | AMPERAJE | 1D    | KWh        | PRECIO  | KWh          | PRECIO             |                 |
| LUNES 14     | 220                | 34       | 14,02 | 104,867107 | \$ 10,49 | 220             | 14,4     | 10,05 | 31,850016  | \$ 3,19 | 136,7171227  | \$ 13,67           |                 |
| MARTES 15    | 220                | 34       | 13,18 | 98,590888  | \$ 9,86  | 220             | 14,4     | 10,86 | 34,407648  | \$ 3,44 | 132,998536   | \$ 13,30           |                 |
| MIERCOLES 16 | 220                | 34       | 11,67 | 87,3055627 | \$ 8,73  | 220             | 14,4     | 12,38 | 39,210336  | \$ 3,92 | 126,5158987  | \$ 12,65           |                 |
| JUEVES 17    | 220                | 34       | 6,40  | 47,862276  | \$ 4,79  | 220             | 14,4     | 17,55 | 55,6103328 | \$ 5,56 | 103,4726088  | \$ 10,35           |                 |
| VIERNES 18   | 220                | 34       | 14,30 | 106,943804 | \$ 10,69 | 220             | 14,4     | 9,63  | 30,4939008 | \$ 3,05 | 137,4377048  | \$ 13,74           |                 |
| SABADO 19    | 220                | 34       | 13    | 97,24      | \$ 9,72  | 220             | 14,4     | 11    | 34,848     | \$ 3,48 | 132,088      | \$ 13,21           |                 |
| DOMINGO 20   | 220                | 34       | 13    | 97,24      | \$ 9,72  | 220             | 14,4     | 11    | 34,848     | \$ 3,48 | 132,088      | \$ 13,21           |                 |
|              |                    |          |       |            |          |                 |          |       |            |         | <b>TOTAL</b> | <b>901,3178709</b> | <b>\$ 90,13</b> |

La tabla nos indica que existió un consumo máximo de 137,43 kWh con lo cual:

$$\text{Costo por día} = 137,43 \text{ kWh/día} \times 0,10 \text{ \$ / kWh}$$

$$\text{Costo por día} = \text{\$ } 13,21$$

Una vez funcionando la maquina se realizó el análisis de consumo energético del compresor dando como resultado la siguiente tabla.



Tabla 10. Consumo energético compresor con enfriador de moldes

|              | CONSUMO ENERGÉTICO |          |       |         |          |                 |          |       |         |         |              |                  |                  |
|--------------|--------------------|----------|-------|---------|----------|-----------------|----------|-------|---------|---------|--------------|------------------|------------------|
|              | TIEMPO DE CARGA    |          |       |         |          | TIEMPO DE VACIO |          |       |         |         | TOTAL        |                  |                  |
|              | VOLTAJE            | AMPERAJE | 1D    | KWh     | PRECIO   | VOLTAJE         | AMPERAJE | 1D    | KWh     | PRECIO  | KWh          | PRECIO           |                  |
| LUNES 21     | 220                | 34       | 18,50 | 138,38  | \$ 13,84 | 220             | 14,4     | 5,50  | 17,424  | \$ 1,74 | 155,804      | \$ 15,58         |                  |
| MARTES 22    | 220                | 34       | 16,90 | 126,412 | \$ 12,64 | 220             | 14,4     | 7,10  | 22,4928 | \$ 2,25 | 148,9048     | \$ 14,89         |                  |
| MIÉRCOLES 23 | 220                | 34       | 14,80 | 110,704 | \$ 11,07 | 220             | 14,4     | 9,20  | 29,1456 | \$ 2,91 | 139,8496     | \$ 13,98         |                  |
| JUEVES 24    | 220                | 34       | 17,10 | 127,908 | \$ 12,79 | 220             | 14,4     | 6,90  | 21,8592 | \$ 2,19 | 149,7672     | \$ 14,98         |                  |
| VIERNES 25   | 220                | 34       | 17,50 | 130,9   | \$ 13,09 | 220             | 14,4     | 6,50  | 20,592  | \$ 2,06 | 151,492      | \$ 15,15         |                  |
| SABADO 26    | 220                | 34       | 14    | 104,72  | \$ 10,47 | 220             | 14,4     | 10,00 | 31,68   | \$ 3,17 | 136,4        | \$ 13,64         |                  |
| DOMINGO 27   | 220                | 34       | 16    | 119,68  | \$ 11,97 | 220             | 14,4     | 8,00  | 25,344  | \$ 2,53 | 145,024      | \$ 14,50         |                  |
|              |                    |          |       |         |          |                 |          |       |         |         | <b>TOTAL</b> | <b>1027,2416</b> | <b>\$ 102,72</b> |

En la tabla 10 se puede apreciar que el consumo máximo por día es de 155,80 kWh con lo cual:

$$\text{Costo por día} = 155,80 \text{ kWh/día} \times 0.10 \text{ \$ / kWh}$$

$$\text{Costo por día} = \text{\$ 15,80}$$

El costo generado por el uso de aire comprimido cada día es de \$2,59, valor que está dentro de los parámetros para el costo de producción.

### 3.8.6 Consumo energético total enfriador de moldes

Para obtener el consumo total se debe sumar todos los valores del consumo máximo por día de la siguiente manera:

$$\sum E_{c_{max}} = E_{c_{motor}} + E_{c_{fuente}} + E_{c_{PLC}} + E_{c_{pantalla}} + E_{c_{aire \text{ comprimido}}}$$

$$\sum E_{c_{max}} = 17,904 + 6,336 + 8,284 + 0,072 + 18,37$$

$$\sum E_{c_{max}} = 50,97 \text{ kWh/día}$$

Aplicando la ecuación 5:

$$\text{Costo por día} = 50,97 \text{ kWh / día} \times 0,10 \text{ \$ / kWh}$$

**Costo total por día = \$ 5,10**

Multiplicando el resultado por 30 días que lleva el mes, se obtiene un valor total de \$152,90. Dicho valor es el costo de consumo mensual del enfriador.

## **CAPÍTULO 4**

### **4.1 Análisis de resultados**

En este capítulo se realiza el análisis de los resultados obtenidos con anterioridad y también se expone la consideración de datos de las temperaturas de los moldes con tiempos y parámetros específicos en varios días para así poder analizarlos .

#### **4.1.1 Procedimiento de trabajo para toma de temperaturas de entrada y de salida**

- Cumplir con el equipo de protección adecuado (casco, guantes, mandil, botas punta de acero).
- Encender el enfriador de moldes.
- Inspeccionar que no exista atoramientos en el extractor de aire.
- Inspeccionar correcto funcionamiento de electroválvulas.
- Inspeccionar que ninguna boquilla se encuentre taponada.
- Mediante una termómetro láser realizar la medición de temperatura de entrada al enfriador de moldes a 1 bloques correspondiente a 10 moldes y repetir 3 veces.
- Inmediatamente proceder a la toma de temperatura de salida del enfriador de moldes al mismo bloque de 10 cajas y repetir 3 veces.
- El punto de contacto de la toma de temperatura será realizada en la base del molde.
- Realizar este procedimiento durante 3 días a las 12:00 pm y a las 18:00pm

De acuerdo a lo estudiado para tomar los datos que se necesitan para la investigación se procede a hacer un formato en el cual nos permite anotar la temperatura a la cual se encuentran los moldes al momento de ingresar al Enfriador y la temperatura a la cual sale del Enfriador para de esa manera proceder a realizar modificaciones en los tiempos de intervalos de pulsaciones en el que trabaja el enfriador y poder llegar a la temperatura deseada.

#### **4.1.2 Parametros a considerar**

Para la toma de datos requeridos se debe tener en cuenta ciertas consideraciones en cuestión:

- La hora en la que se realiza el estudio es a la 12:00pm, ya que es el punto de incidencia de mayor temperatura en la Planta y a las 18:00pm, ya que es un punto de incidencia de criticidad media de temperatura en la Planta.
- El bloque será de 10 moldes ya que se pretende tomar la temperatura tanto a la entrada como a la salida y solo disponemos de una pistola de calor laser, así que se procede a tomar datos de temperatura de entrada y salida del enfriador desplazandoce insitu.
- La toma de temperatura se realizará por 5 dias ya que las condiciones de temperatura de la Planta puede variar dependiendo la temperatura ambiental y la cantidad de produccion que exista en ese dia.
- La toma de temperatura de los moldes debe ser en la base del mismo ya que ese es el punto de contacto con la masa al momento de la recirculación y es ahí donde se produce un pre leudado por la elevada temperatura, entonces es ahí donde debemos disminuir la temperatura del molde.

### 4.1.3 Datos obtenidos

Datos a considerar para el día 1:

En la Tabla 11 se puede observar como fue el comportamiento de temperatura de los moldes en 2 periodos de tiempo.

Tabla 11 Datos de temperatura obtenidos en el primer día

| Bloque | Moldes | Temperatura °C |           | Bloque | Moldes | Temperatura °C |           |
|--------|--------|----------------|-----------|--------|--------|----------------|-----------|
|        |        | °T Entrada     | °T Salida |        |        | °T Entrada     | °T Salida |
| 1      | 1      | 85             | 55        | 1      | 1      | 79             | 50        |
|        | 2      | 88             | 53,4      |        | 2      | 82             | 50,5      |
|        | 3      | 88,6           | 50        |        | 3      | 78,5           | 48,4      |
|        | 4      | 86,3           | 48,2      |        | 4      | 83             | 35,9      |
|        | 5      | 81             | 45,2      |        | 5      | 81             | 38,9      |
|        | 6      | 88,9           | 48,2      |        | 6      | 81             | 40        |
|        | 7      | 86,4           | 37,9      |        | 7      | 82             | 37,9      |
|        | 8      | 89,2           | 40        |        | 8      | 84,3           | 40        |
|        | 9      | 86             | 44,5      |        | 9      | 82,5           | 44,5      |
|        | 10     | 85             | 42,8      |        | 10     | 81,9           | 42,8      |
| 2      | 1      | 80,3           | 52,5      | 2      | 1      | 80             | 52,5      |
|        | 2      | 88,5           | 55        |        | 2      | 80,4           | 55        |
|        | 3      | 85,7           | 50        |        | 3      | 81,4           | 45,6      |
|        | 4      | 89,3           | 50,1      |        | 4      | 83,5           | 45,6      |
|        | 5      | 90             | 50,4      |        | 5      | 79,9           | 40,4      |
|        | 6      | 91,4           | 49,3      |        | 6      | 79,5           | 42,4      |
|        | 7      | 93,5           | 50,3      |        | 7      | 79,5           | 40,1      |
|        | 8      | 90,1           | 47,2      |        | 8      | 82             | 45,3      |
|        | 9      | 86,3           | 46,1      |        | 9      | 81             | 46,4      |
|        | 10     | 89,3           | 49,5      |        | 10     | 80,2           | 49,2      |
| 3      | 1      | 88,3           | 55,1      | 3      | 1      | 82,1           | 53,9      |
|        | 2      | 81,4           | 53,9      |        | 2      | 79,5           | 50,4      |
|        | 3      | 89             | 48,2      |        | 3      | 83             | 46,2      |
|        | 4      | 89,5           | 46,3      |        | 4      | 82,5           | 46        |
|        | 5      | 88,4           | 44,2      |        | 5      | 83             | 42,8      |
|        | 6      | 90,1           | 46,5      |        | 6      | 81,8           | 39,9      |
|        | 7      | 91             | 44,9      |        | 7      | 82,5           | 38,2      |
|        | 8      | 89,2           | 49,3      |        | 8      | 80             | 39,9      |
|        | 9      | 88             | 44        |        | 9      | 80,8           | 44        |
|        | 10     | 82,9           | 41,5      |        | 10     | 80,4           | 42,3      |

Con los datos obtenidos se puede visualizar que en promedio a las 12:00 pm las cajas entraron a una temperatura de 87,55 °C y salieron a una temperatura de 47,98 °C y a

las 18:00 pm las cajas entraron a una temperatura de 81,27 °C y salieron a una temperatura de 44,50 °C.

Datos a considerar el día 2:

En la Tabla 12 se puede observar como fue el comportamiento de temperatura de los moldes en 2 periodos de tiempo.

Tabla 12. Datos de temperatura obtenidos en el segundo día

| Bloque | Moldes | Temperatura °C |           | Bloque | Moldes | Temperatura °C |           |
|--------|--------|----------------|-----------|--------|--------|----------------|-----------|
|        |        | °T Entrada     | °T Salida |        |        | °T Entrada     | °T Salida |
| 1      | 1      | 89             | 59,2      | 1      | 1      | 84             | 51        |
|        | 2      | 89,3           | 60,3      |        | 2      | 85             | 50        |
|        | 3      | 90,9           | 60,2      |        | 3      | 80,3           | 46,2      |
|        | 4      | 92,4           | 58,2      |        | 4      | 85             | 45,5      |
|        | 5      | 99,1           | 59,2      |        | 5      | 85,7           | 40,8      |
|        | 6      | 93,4           | 53,9      |        | 6      | 88,5           | 41,2      |
|        | 7      | 90,4           | 59,1      |        | 7      | 80,5           | 43,5      |
|        | 8      | 89,2           | 47        |        | 8      | 89,5           | 42,1      |
|        | 9      | 94,2           | 50,9      |        | 9      | 79,3           | 44,1      |
|        | 10     | 93,4           | 52        |        | 10     | 79,3           | 40        |
| 2      | 1      | 88             | 48        | 2      | 1      | 79,3           | 38,1      |
|        | 2      | 88,4           | 49,2      |        | 2      | 88,2           | 44        |
|        | 3      | 90             | 50        |        | 3      | 84,4           | 40,3      |
|        | 4      | 90,3           | 55,2      |        | 4      | 85,2           | 42,5      |
|        | 5      | 93,3           | 50,4      |        | 5      | 86,9           | 38,2      |
|        | 6      | 93             | 49,9      |        | 6      | 88,2           | 42,5      |
|        | 7      | 93,9           | 48        |        | 7      | 90,2           | 44,3      |
|        | 8      | 95,1           | 49,6      |        | 8      | 92,4           | 46,2      |
|        | 9      | 92,3           | 49,7      |        | 9      | 88,4           | 44,1      |
|        | 10     | 93,1           | 49        |        | 10     | 82,3           | 42,9      |
| 3      | 1      | 90,3           | 46,9      | 3      | 1      | 79,6           | 39        |
|        | 2      | 84,3           | 50        |        | 2      | 78,5           | 39,4      |
|        | 3      | 89             | 51,4      |        | 3      | 79,3           | 39,1      |
|        | 4      | 88,4           | 52,5      |        | 4      | 80,1           | 40        |
|        | 5      | 90,2           | 47,1      |        | 5      | 88,3           | 44,2      |
|        | 6      | 93,7           | 49,2      |        | 6      | 85,3           | 40,9      |
|        | 7      | 91,3           | 50        |        | 7      | 82,5           | 39,4      |
|        | 8      | 90,5           | 48,9      |        | 8      | 80,1           | 40,5      |
|        | 9      | 90             | 50        |        | 9      | 80             | 42,5      |
|        | 10     | 88,2           | 50,2      |        | 10     | 81,3           | 44,7      |

Con los datos obtenidos se puede visualizar que en promedio a las 12:00 pm las cajas entraron a una temperatura de 91,15 °C y salieron a una temperatura de 51,84 °C y a las 18:00 pm las cajas entraron a una temperatura de 83,92 °C y salieron a una temperatura de 42,57 °C. Hay que recalcar que este día en la primera toma estaba el clima a una temperatura elevada y en la tarde bajo la temperatura y llovió.

Datos a considerar el día 3:

En la Tabla 13 se puede observar como fue el comportamiento de temperatura de los moldes en 2 periodos de tiempo.

Tabla 13. Datos de temperatura obtenidos en el tercer día

| Bloque | Moldes | Temperatura °C |           | Bloque | Moldes | Temperatura °C |           |
|--------|--------|----------------|-----------|--------|--------|----------------|-----------|
|        |        | °T Entrada     | °T Salida |        |        | °T Entrada     | °T Salida |
| 1      | 1      | 88,5           | 55        | 1      | 1      | 70             | 40,3      |
|        | 2      | 85,6           | 53,4      |        | 2      | 77,3           | 42,5      |
|        | 3      | 87             | 48,5      |        | 3      | 79,4           | 44,6      |
|        | 4      | 89,3           | 48,2      |        | 4      | 80,3           | 42,5      |
|        | 5      | 90,2           | 49,4      |        | 5      | 83,2           | 40        |
|        | 6      | 90,8           | 47,2      |        | 6      | 76,3           | 38,4      |
|        | 7      | 88,6           | 44,5      |        | 7      | 79,5           | 36,5      |
|        | 8      | 83             | 43,6      |        | 8      | 80,3           | 40,2      |
|        | 9      | 85             | 44,2      |        | 9      | 83,4           | 46,2      |
|        | 10     | 88,6           | 49        |        | 10     | 83,5           | 43,3      |
| 2      | 1      | 90             | 52,3      | 2      | 1      | 85,2           | 47,2      |
|        | 2      | 92             | 55,4      |        | 2      | 77,3           | 45,3      |
|        | 3      | 90,2           | 56,2      |        | 3      | 79,4           | 47,4      |
|        | 4      | 82,6           | 47,3      |        | 4      | 78,1           | 42,3      |
|        | 5      | 86,4           | 50        |        | 5      | 77,4           | 45,2      |
|        | 6      | 83             | 48,2      |        | 6      | 80,4           | 46,2      |
|        | 7      | 79             | 47,5      |        | 7      | 84             | 46        |
|        | 8      | 79,3           | 44,6      |        | 8      | 84,5           | 42,3      |
|        | 9      | 83             | 40,5      |        | 9      | 88,5           | 47,9      |
|        | 10     | 88             | 45        |        | 10     | 82,4           | 42,7      |
| 3      | 1      | 92             | 48,5      | 3      | 1      | 81,9           | 40        |
|        | 2      | 93,4           | 50        |        | 2      | 77,4           | 38,4      |
|        | 3      | 90             | 48,4      |        | 3      | 79,4           | 38,6      |
|        | 4      | 91,4           | 47,5      |        | 4      | 83,4           | 39,9      |
|        | 5      | 88,4           | 47,3      |        | 5      | 85,6           | 40,5      |
|        | 6      | 85,3           | 45        |        | 6      | 82,4           | 44        |
|        | 7      | 79,3           | 42,3      |        | 7      | 80,9           | 42,2      |
|        | 8      | 77,9           | 44,9      |        | 8      | 81,5           | 40,1      |
|        | 9      | 79,3           | 48,3      |        | 9      | 79,3           | 37,9      |
|        | 10     | 84             | 49        |        | 10     | 80,9           | 43,8      |

Con los datos obtenidos se puede visualizar que en promedio a las 12:00 pm las cajas entraron a una temperatura de 86,37 °C y salieron a una temperatura de 4,04 °C y a las 18:00 pm las cajas entraron a una temperatura de 80,77 °C y salieron a una temperatura de 42,41 °C.



Datos a considerar el día 4:

En la Tabla 14 se puede observar como fue el comportamiento de temperatura de los moldes en 2 periodos de tiempo.

Tabla 14. Datos de temperatura obtenidos en el cuarto día

| Bloque | Moldes | Temperatura °C |           | Bloque | Moldes | Temperatura °C |           |
|--------|--------|----------------|-----------|--------|--------|----------------|-----------|
|        |        | °T Entrada     | °T Salida |        |        | °T Entrada     | °T Salida |
| 1      | 1      | 88             | 46,8      | 1      | 1      | 78,3           | 43,1      |
|        | 2      | 86,7           | 48,5      |        | 2      | 79             | 44,2      |
|        | 3      | 83,6           | 42,3      |        | 3      | 74,2           | 40,3      |
|        | 4      | 80,7           | 44,2      |        | 4      | 76,5           | 45,3      |
|        | 5      | 89,6           | 46,2      |        | 5      | 77,9           | 42,3      |
|        | 6      | 90,4           | 48,9      |        | 6      | 80             | 44,6      |
|        | 7      | 85,6           | 44,5      |        | 7      | 83,4           | 40,3      |
|        | 8      | 82,5           | 42,4      |        | 8      | 82,1           | 39,4      |
|        | 9      | 85,6           | 46,2      |        | 9      | 88,4           | 44,8      |
|        | 10     | 88             | 50        |        | 10     | 84,5           | 39        |
| 2      | 1      | 89,4           | 51,3      | 2      | 1      | 86,8           | 38,9      |
|        | 2      | 82,5           | 48,2      |        | 2      | 88,2           | 42,4      |
|        | 3      | 81,6           | 42,3      |        | 3      | 81,4           | 39,6      |
|        | 4      | 81             | 40,9      |        | 4      | 74,9           | 36,5      |
|        | 5      | 79,4           | 44,1      |        | 5      | 79             | 44        |
|        | 6      | 75,3           | 39,2      |        | 6      | 78,3           | 42,4      |
|        | 7      | 80,5           | 46,6      |        | 7      | 77,9           | 46,2      |
|        | 8      | 88,3           | 47,8      |        | 8      | 80,2           | 44,9      |
|        | 9      | 83,5           | 43,4      |        | 9      | 84,2           | 47        |
|        | 10     | 86             | 44,7      |        | 10     | 85,1           | 49,3      |
| 3      | 1      | 81,4           | 42,4      | 3      | 1      | 84,1           | 50        |
|        | 2      | 79,3           | 40,3      |        | 2      | 80             | 44        |
|        | 3      | 78,9           | 42,6      |        | 3      | 84,1           | 41,3      |
|        | 4      | 84,5           | 48,5      |        | 4      | 79             | 39        |
|        | 5      | 90,3           | 47,5      |        | 5      | 77,9           | 38,7      |
|        | 6      | 94,1           | 50,6      |        | 6      | 79,2           | 39,5      |
|        | 7      | 86,9           | 46,7      |        | 7      | 79             | 39,9      |
|        | 8      | 89,4           | 48,5      |        | 8      | 72,5           | 35        |
|        | 9      | 90             | 49,3      |        | 9      | 78,3           | 38,4      |
|        | 10     | 93,4           | 48        |        | 10     | 80             | 40        |

Con los datos obtenidos se puede visualizar que en promedio a las 12:00 pm las cajas entraron a una temperatura de 85,21 °C y salieron a una temperatura de 45,76 °C y a

las 18:00 pm las cajas entraron a una temperatura de 80,48 °C y salieron a una temperatura de 42,01 °C.

Datos a considerar el día 5:

En la Tabla 15 se puede observar como fue el comportamiento de temperatura de los moldes en 2 periodos de tiempo.

Tabla 15. Datos de temperatura obtenidos en el quinto día

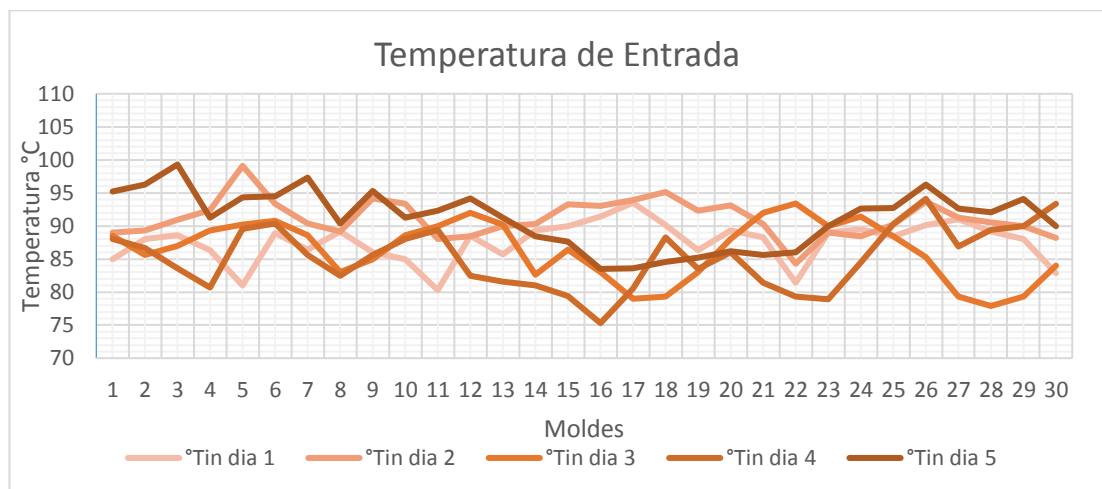
| Bloque | Moldes | Temperatura °C |           | Bloque | Moldes | Temperatura °C |           |
|--------|--------|----------------|-----------|--------|--------|----------------|-----------|
|        |        | °T Entrada     | °T Salida |        |        | °T Entrada     | °T Salida |
| 1      | 1      | 95,2           | 55,3      | 1      | 1      | 74,6           | 47,5      |
|        | 2      | 96,3           | 51,4      |        | 2      | 79,4           | 49,2      |
|        | 3      | 99,3           | 60        |        | 3      | 80,4           | 47,9      |
|        | 4      | 91,3           | 57,2      |        | 4      | 82,5           | 49,2      |
|        | 5      | 94,3           | 50        |        | 5      | 84,5           | 49        |
|        | 6      | 94,5           | 52,1      |        | 6      | 86,3           | 47,9      |
|        | 7      | 97,3           | 57        |        | 7      | 79,5           | 42,3      |
|        | 8      | 90,4           | 50,9      |        | 8      | 76,5           | 44        |
|        | 9      | 95,3           | 51,8      |        | 9      | 79,8           | 46,1      |
|        | 10     | 91,3           | 48,9      |        | 10     | 83,5           | 44        |
| 2      | 1      | 92,3           | 49,9      | 2      | 1      | 88,3           | 46        |
|        | 2      | 94,2           | 48,6      |        | 2      | 82,4           | 39,2      |
|        | 3      | 91,3           | 50,4      |        | 3      | 86,3           | 44,9      |
|        | 4      | 88,4           | 48,2      |        | 4      | 87             | 46,8      |
|        | 5      | 87,6           | 50        |        | 5      | 89,3           | 47,4      |
|        | 6      | 83,5           | 47,2      |        | 6      | 89,4           | 48,1      |
|        | 7      | 83,6           | 49        |        | 7      | 93             | 51        |
|        | 8      | 84,6           | 44,8      |        | 8      | 92,4           | 49,2      |
|        | 9      | 85,2           | 48,2      |        | 9      | 90             | 47,9      |
|        | 10     | 86,2           | 50        |        | 10     | 88,9           | 48        |
| 3      | 1      | 85,6           | 51,4      | 3      | 1      | 89             | 46,2      |
|        | 2      | 86             | 49,3      |        | 2      | 86,9           | 44        |
|        | 3      | 90             | 51,3      |        | 3      | 82,4           | 45,2      |
|        | 4      | 92,6           | 52,3      |        | 4      | 85,3           | 46,2      |
|        | 5      | 92,7           | 48,3      |        | 5      | 88,6           | 48        |
|        | 6      | 96,3           | 52,9      |        | 6      | 90,4           | 48,6      |
|        | 7      | 92,6           | 50        |        | 7      | 80,3           | 44,6      |
|        | 8      | 92,1           | 48,3      |        | 8      | 75,8           | 40,6      |
|        | 9      | 94,1           | 50        |        | 9      | 79,6           | 42,9      |
|        | 10     | 90             | 49,3      |        | 10     | 78             | 40,1      |

Con los datos obtenidos se puede visualizar que en promedio a las 12:00 pm las cajas entraron a una temperatura de 91,14 °C y salieron a una temperatura de 50,80 °C y a las 18:00 pm las cajas entraron a una temperatura de 84,34 °C y salieron a una temperatura de 46,07 °C.

#### 4.1.4 Resultados

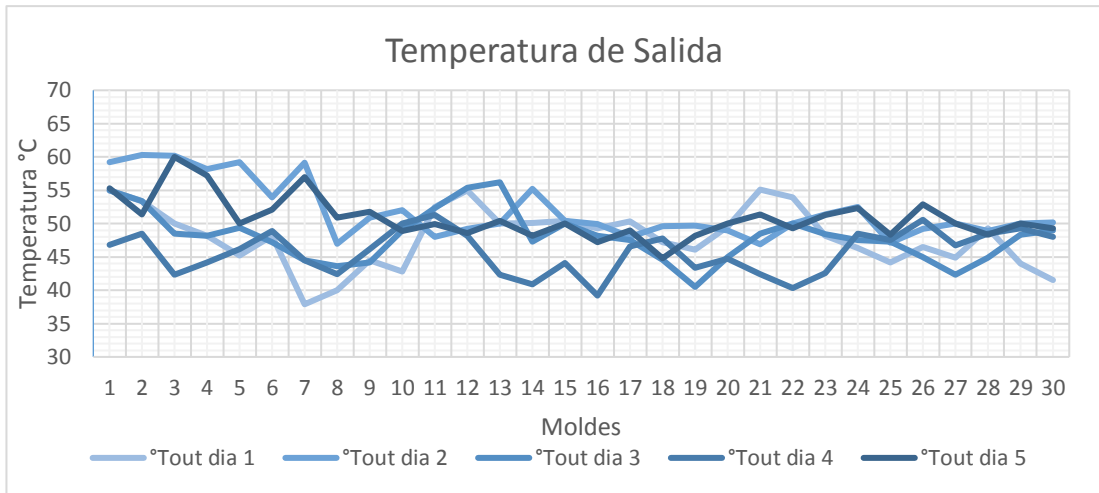
Después de haber realizado el estudio por 5 días se puede mostrar el resultado del comportamiento en las siguientes gráficas:

Los datos que se tomaron en las temperaturas de entrada al enfriador de moldes se pueden recalcar un pico de 100 °C el cual es la temperatura máxima de trabajo del molde y una temperatura minina de 75 °C. Como se muestra en la Figura 58



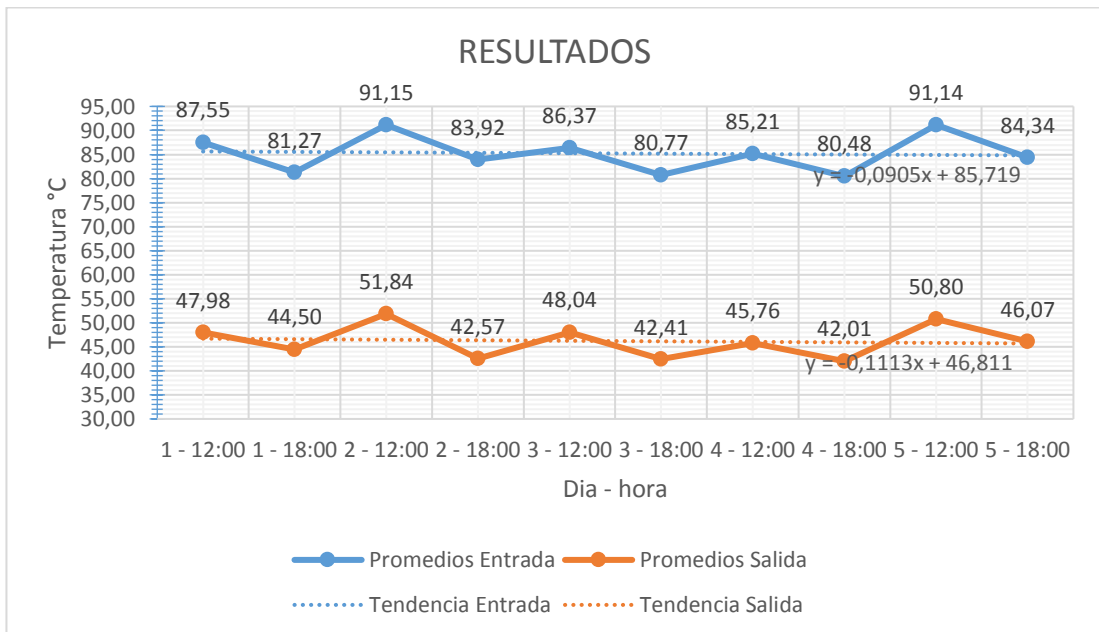
**Figura. 58** Gráfica de temperaturas de entrada

En los datos que se tomaron en las temperaturas de salida al enfriador de moldes se puede recalcar un pico de 60 °C el cual es la temperatura máxima de trabajo del molde y una temperatura minina de 38 °C. Como se muestra en la Figura 59



**Figura. 59** Gráfica de temperaturas de salida

La siguiente grafica describe el promedio por cada periodo de muestreo tanto a la entrada como a la salida del enfriador de moldes, tomando como datos relevantes la disminución de temperatura en 40 °C promedio.



**Figura. 60** Periodo de muestreo a la entrada y salida del enfriador

Con estos resultados se puede apreciar que la temperatura de los moldes desciende en promedio a 46 °C la cual es una temperatura relativamente alta si ese fuera el punto de inicio de la recirculación de moldes, pero existe un periodo de tiempo de 90 segundos

entre el punto de inicio y la salida del enfriador el cual ayuda a bajar de forma natural llegando a una temperatura promedio de 34 °C que es adecuada para el comienzo del proceso de ingreso de masa a los moldes.

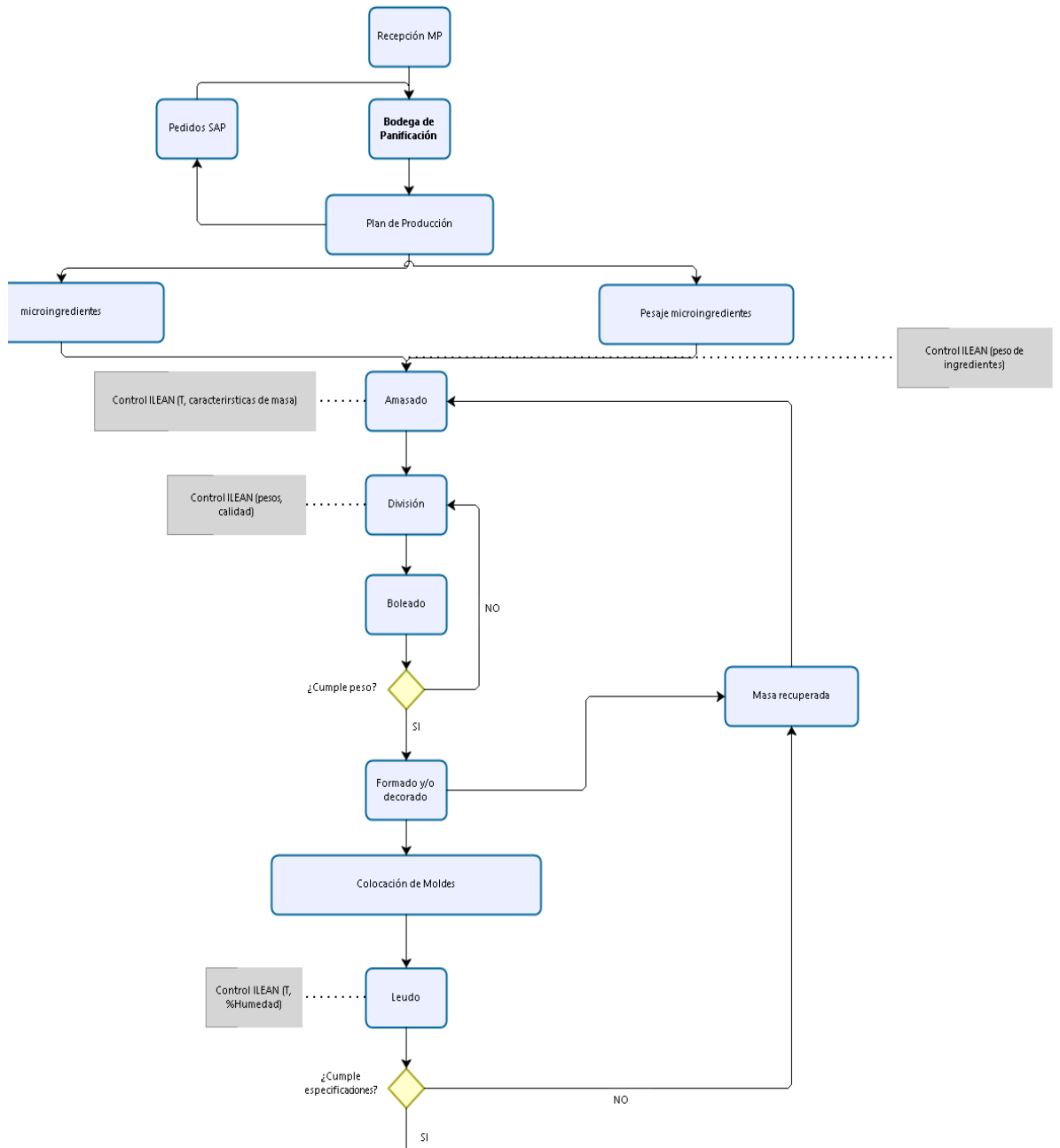
De esta manera se evita el pre leudado y la manipulación de tiempos de trabajo de la Cámara de Leudo. Entre menos se manipule los tiempos de trabajo de la Cámara de Leudo, más se evitan posibles paradas de producción por daños operacionales y un mejor estándar en la calidad de las masas.

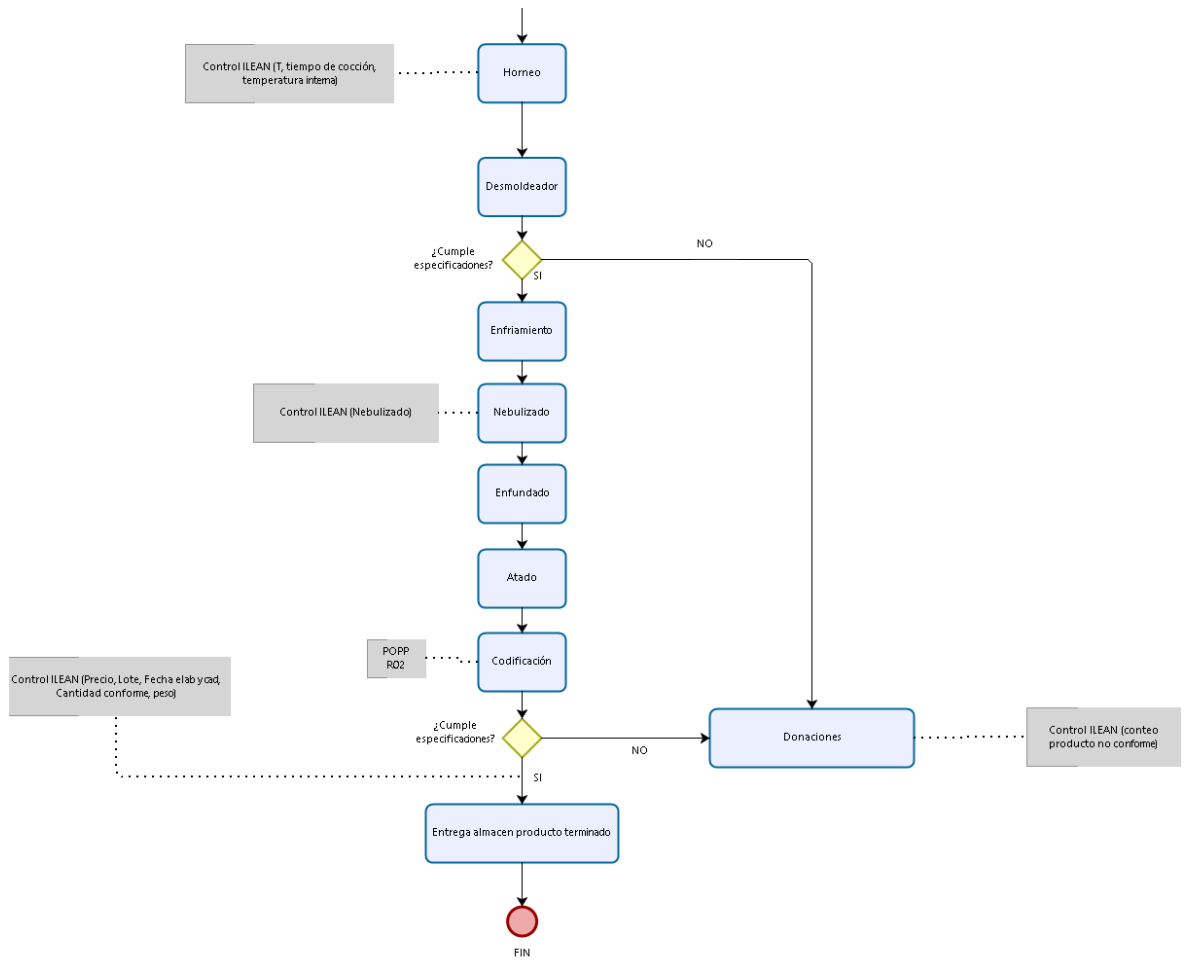
De igual forma se nota que la temperatura de la Planta disminuyó ya que antes de la construcción del enfriador de moldes se enfriaban de forma natural sobre la banda transportadora con una exposición y extracción de calor al ambiente.

#### **4.1.5 Diagrama de procesos de la Planta**

Luego de haber realizado la instalación del enfriador en la Planta de Moderna Alimentos S.A. y con las verificaciones respectivas de los resultados, es importante modificar el diagrama de procesos de la Planta, ya que con este se facilita los paros de producción necesarios para un futuro mantenimiento de la planta y del enfriador en sí.

Al añadir el enfriador, los procesos varían y aumentan, quedando el diagrama de la siguiente manera:





**Figura. 61** Diagrama de procesos de la Planta

## 4.2 Payback Period

El Payback es un criterio para evaluar inversiones que se define como el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión.

Costo de inversión

| INSUMO                  | CANTIDAD (U) | V. UNITARIO (\$) | V. TOTAL (\$) |
|-------------------------|--------------|------------------|---------------|
| Boquillas de aspersión  | 10           | 16,00            | 160,00        |
| Extractor               | 1            | 1600,00          | 1600,00       |
| PLC Simatic S7 1200     | 1            | 527,80           | 527,80        |
| Panel Simatic KTP 400   | 1            | 514,00           | 514,00        |
| Fuente Sitop modular    | 1            | 234,50           | 234,50        |
| Electroválvulas de Agua | 2            | 221,44           | 442,88        |
| Electroválvulas de Aire | 4            | 157,15           | 628,60        |
| Sensores Inductivos     | 4            | 250,00           | 1000,00       |
| Otros                   | 1            | 4350,40          | 162,00        |
| TOTAL                   |              |                  | \$ 10.008,18  |

INGRESO GENERADO

| INSUMO                                 | CANTIDAD (U) | V. UNITARIO (\$) | V. TOTAL (\$) |
|--|--------------|------------------|---------------|
| Personal de Operación                  | 1            | 400,00           | 400,00        |
| Mantenimiento Reactivo Cámara de Leudo | 1            | 300,00           | 300,00        |
| Paradas de Producción                  | 1.5          | 1050,00          | 1575,00       |
| Mantenimiento nuevo Sistema            | 1            | -525,00          | -525,00       |
| COSTO 1                                |              |                  | \$ 1.750,00   |

$$PP = \frac{\text{Costo de la Inversión}}{\text{Ingreso Generado}} = \frac{10008,18}{1750,00} = 5,72 \approx 6 \text{ meses}$$



### 4.3 Análisis de costos

Este análisis se realiza para poder determinar el costo del proyecto en términos de dinero. Para ello se debe detallar los recursos necesarios para iniciar con el proyecto, tomando en cuenta que este sea viable y no genere pérdidas a la empresa.

El cálculo que se utiliza para analizar lo antes mencionado es el del VAN y el TIR.

Esto implica que se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

#### 4.3.1 Inversión inicial

Se debe analizar los costos directos e indirectos generados en la construcción del enfriador.

Dentro de los costos directos se encuentran los siguientes:

- Insumos
- Materia prima
- Mano de obra

A continuación, se detallan en las siguientes tablas lo antes mencionado:

Tabla 16. Costos de insumos

| INSUMO                  | CANTIDAD (U) | V. UNITARIO (\$) | V. TOTAL (\$) |
|-------------------------|--------------|------------------|---------------|
| Boquillas de aspersión  | 10           | 16,00            | 160,00        |
| Extractor               | 1            | 1600,00          | 1600,00       |
| PLC Simatic S7 1200     | 1            | 527,80           | 527,80        |
| Panel Simatic KTP 400   | 1            | 514,00           | 514,00        |
| Fuente Sitop modular    | 1            | 234,50           | 234,50        |
| Electroválvulas de Agua | 2            | 221,44           | 442,88        |
| Electroválvulas de Aire | 4            | 157,15           | 628,60        |

|                           |   |        |            |
|---------------------------|---|--------|------------|
| Sensores Inductivos       | 4 | 250,00 | 1000,00    |
| Caja de control eléctrico | 1 | 162,00 | 162,00     |
| COSTO 1                   |   |        | \$ 5269,78 |

Tabla 17. Costos de materia prima

| DESCRIPCIÓN                            | CANTIDAD<br>(Kg) | V. UNITARIO<br>(\$/Kg) | V. TOTAL<br>(\$) |
|--|------------------|------------------------|------------------|
| Tubo cuadrado de acero inoxidable      | 30               | 2,80                   | 84,00            |
| Plancha de acero inoxidable            | 50               | 2,80                   | 140,00           |
| Platina de 6 metros acero inoxidable   | 8                | 2,65                   | 21,20            |
| Angulo de 6 metros de acero inoxidable | 8                | 2,65                   | 21,20            |
| Ductos                                 | 80               | 2,65                   | 212,00           |
| COSTO 2                                |                  |                        | \$ 478,40        |

Tabla 18. Costos de mano de obra

| DESCRIPCIÓN                         | COSTO (\$) |
|-------------------------------------|------------|
| Construcción del bastidor           | 700,00     |
| Construcción de la campana          | 330,00     |
| Instalación de los ductos           | 600,00     |
| Construcción del sombrero chino     | 150,00     |
| Montaje de partes del enfriador     | 650,00     |
| Instalación de sensores             | 100,00     |
| Instalación del sistema de válvulas | 450,00     |
| Programación del PLC                | 550,00     |
| COSTO 3                             | \$ 3530,00 |

Dentro de los costos indirectos se encuentran los costos ingenieriles y se presentan en la tabla 19.

Tabla 19. Costos de ingeniería

| DESCRIPCIÓN         | VALOR (\$)       |
|---------------------|------------------|
| Investigación       | 80,00            |
| Diseño              | 550,00           |
| Impresión de planos | 20,00            |
| Transporte          | 80,00            |
| <b>COSTO 4</b>      | <b>\$ 730,00</b> |

El valor inicial de la inversión consta de la suma de todos los costos totales indicados en las tablas anteriores.

$$Inversión\ inicial = Costo\ 1 + Costo\ 2 + Costo\ 3 + Costo\ 4$$

$$Inversión\ inicial = 5269,78 + 478,40 + 3530,00 + 730,00$$

$$Inversión\ inicial = \$ 10008,18$$

#### 4.3.2 Costos de depreciación

Para poder determinar el costo de depreciación se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$CD = \frac{C-VR}{N} \quad [10] \text{ Costo de depreciación}$$

Donde:

$C$  Costo (USD)

$VR$  Valor residual (USD)

$N$  Vida útil (años)

El costo es el valor de la inversión inicial (\$ 10008,18).

El valor residual se considera de un 10% del costo, entonces:

$$VR = 10008,18 \times 0,1$$

$$VR = \$ 1000,82$$

Se aprecia una vida útil del enfriador de 10 años.

Teniendo los datos y aplicando la ecuación 10:

$$CD = \frac{10008,18 - 1000,82}{10 \text{ años}}$$

$$CD = 900,74 \text{ USD/año}$$

A continuación, en la tabla 17 se presenta la depreciación de la máquina que se genera cada año:

Tabla 20. Depreciación calculada para el proyecto

| <b>TABLA DE DEPRECIACIÓN</b> |                           |                               |                        |
|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------|
| <b>AÑOS</b>                  | <b>DEPRECIACIÓN ANUAL</b> | <b>DEPRECIACIÓN ACUMULADA</b> | <b>VALOR EN LIBROS</b> |
| 0                            | Costo de la máquina       |                               | \$ 10.008,18           |
| 1                            | \$ 900,74                 | \$ 900,74                     | \$ 9.107,44            |
| 2                            | \$ 900,74                 | \$ 1.801,48                   | \$ 8.206,70            |
| 3                            | \$ 900,74                 | \$ 2.702,22                   | \$ 7.305,96            |
| 4                            | \$ 900,74                 | \$ 3.602,96                   | \$ 6.405,22            |
| 5                            | \$ 900,74                 | \$ 4.503,70                   | \$ 5.504,48            |
| 6                            | \$ 900,74                 | \$ 5.404,44                   | \$ 4.603,74            |
| 7                            | \$ 900,74                 | \$ 6.305,18                   | \$ 3.703,00            |
| 8                            | \$ 900,74                 | \$ 7.205,92                   | \$ 2.802,26            |
| 9                            | \$ 900,74                 | \$ 8.106,66                   | \$ 1.901,52            |
| 10                           | \$ 900,74                 | \$ 9.007,40                   | \$ 1.000,78            |
| Totales                      | \$ 9.007,40               |                               | \$ 10.008,18           |

### 4.3.3 Proyección de ingresos anuales

En esta proyección se debe apreciar el flujo mensual de ingresos del proyecto para cada año de su vida útil. Esto se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 21. Proyección de ingresos por año

| PROYECCIÓN DE INGRESOS |                 |               |
|------------------------|-----------------|---------------|
| AÑO                    | INGRESO MENSUAL | INGRESO ANUAL |
| 1                      | \$ 1.400,00     | \$ 16.800,00  |
| 2                      | \$ 1.400,00     | \$ 16.800,00  |
| 3                      | \$ 1.425,00     | \$ 17.100,00  |
| 4                      | \$ 1.425,00     | \$ 17.100,00  |
| 5                      | \$ 1.450,00     | \$ 17.400,00  |
| 6                      | \$ 1.450,00     | \$ 17.400,00  |
| 7                      | \$ 1.475,00     | \$ 17.700,00  |
| 8                      | \$ 1.475,00     | \$ 17.700,00  |
| 9                      | \$ 1.500,00     | \$ 18.000,00  |
| 10                     | \$ 1.500,00     | \$ 18.000,00  |

### 4.3.4 Tasa mínima aceptable de rendimiento

También llamado costo de capital y en abreviación TMAR

$$TMAR = i + f + i \times f \quad [11] \text{ Ec. TMAR}$$

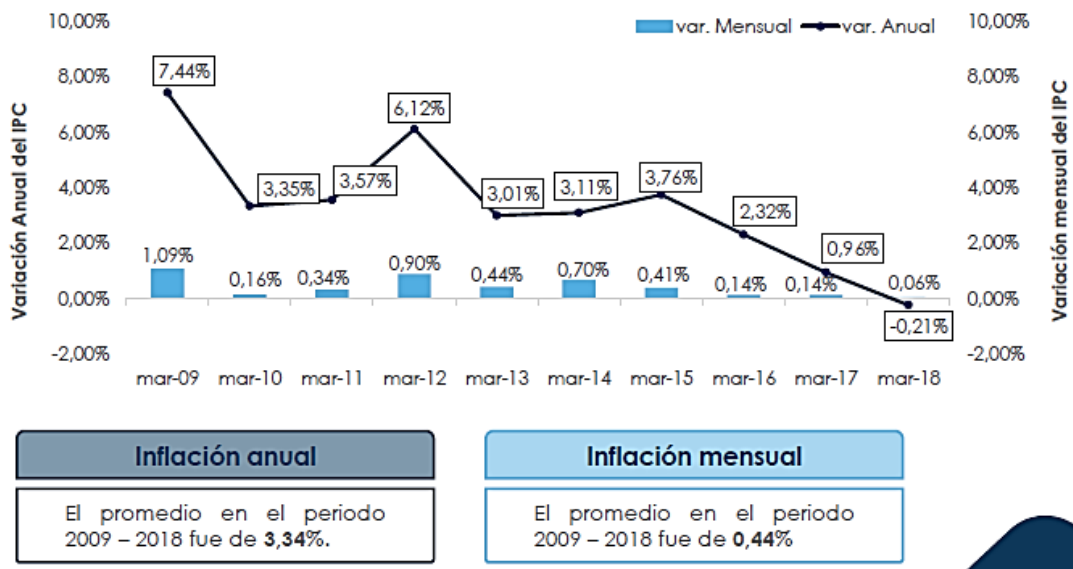
En donde:

i Premio al riesgo

f Inflación

La inflación se obtiene del INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), y nos da un promedio de 3,34% como se detalla en la siguiente figura:

## Variaciones porcentuales



**Figura. 62** Promedio de inflación anual según INEC [29]

Para el primero al riesgo se aprecia un valor del 10%

Aplicando la ecuación 11 se tiene que:

$$TMAR = 0,0334 + 0,1 + 0,0334 \times 0,1$$

$$TMAR = 0,1367 \approx 13,7\%$$

### 4.3.5 Cálculo del VAN y el TIR

VAN significa valor actual neto y se calcula con la ecuación dada a continuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_o \quad [12] \text{ Ec. Valor actual neto}$$

Donde:

$Vt$  Flujo de caja en cada periodo t (USD)

$k$  Tasa de actualización (%)

$n$  Número de periodos considerados (años)

$I_o$  Valor de desembolso del proyecto (USD)

Dada una respuesta, se consideran tres conclusiones para poder evaluar el resultado y son:

Si  $VAN > 0$  Se considera una inversión interesante.

Si  $VAN = 0$  Se considera una inversión indiferente.

Si  $VAN < 0$  Se considera una inversión con pérdidas.

TIR significa tasa interna de retorno y se calcula con la ecuación dada a continuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+TIR)^t} - I_o = 0 \quad \text{[13] Ec. Tasa interna de retorno}$$

Para que el proyecto resulte más interesante, el valor del TIR debe ser mayor, es decir:

El TIR es directamente proporcional a la atracción del proyecto.

Tabla 22. Cálculo del VAN y el TIR

| <b>CÁLCULO DEL VAN, TIR Y RELACIÓN BENEFICIO COSTO</b> |                |                 |                          |             |                              |                             |
|--|----------------|-----------------|--------------------------|-------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Año</b>   | <b>Egresos</b> | <b>Ingresos</b> | <b>Flujo en efectivo</b> | <b>Tasa</b> | <b>Ingresos actualizados</b> | <b>Egresos actualizados</b> |
| 0  | \$10.008,18    | \$ 0,00         | \$ -10.008,18            | 1,00        | \$ 0,00                      | \$ 10.008,18                |
| 1  | \$ 2.400,00    | \$ 16.800,00    | \$ 14.400,00             | 0,88        | \$ 14.775,73                 | \$ 2.110,82                 |
| 2  | \$ 2.400,00    | \$ 16.800,00    | \$ 14.400,00             | 0,77        | \$ 12.995,36                 | \$ 1.856,48                 |
| 3  | \$ 2.500,00    | \$ 17.100,00    | \$ 14.600,00             | 0,68        | \$ 11.633,62                 | \$ 1.700,82                 |
| 4  | \$ 2.500,00    | \$ 17.100,00    | \$ 14.600,00             | 0,60        | \$ 10.231,85                 | \$ 1.495,88                 |
| 5  | \$ 2.600,00    | \$ 17.400,00    | \$ 14.800,00             | 0,53        | \$ 9.156,87                  | \$ 1.368,27                 |
| 6  | \$ 2.600,00    | \$ 17.400,00    | \$ 14.800,00             | 0,46        | \$ 8.053,53                  | \$ 1.203,40                 |
| 7  | \$ 2.700,00    | \$ 17.700,00    | \$ 15.000,00             | 0,41        | \$ 7.205,27                  | \$ 1.099,11                 |
| 8  | \$ 2.700,00    | \$ 17.700,00    | \$ 15.000,00             | 0,36        | \$ 6.337,09                  | \$ 966,67                   |
| 9  | \$ 2.800,00    | \$ 18.000,00    | \$ 15.200,00             | 0,31        | \$ 5.667,98                  | \$ 881,69                   |
| 10   | \$ 2.800,00    | \$ 18.000,00    | \$ 15.200,00             | 0,28        | \$ 4.985,03                  | \$ 775,45                   |
| <b>TOTALES</b>   |                |                 |                          |             | \$ 91.042,32                 | \$ 23.466,77                |
|  |                |                 |                          |             | VAN                          | \$ 67.575,55                |
|  |                |                 |                          |             | TIR                          | 144,26%                     |
|  |                |                 |                          |             | B/C                          | 3,88                        |

El resultado del VAN es de \$67.575,55, siendo este mayor a cero y por ende es una inversión interesante que genera ganancias.

El resultado del TIR es del 144,26%, siendo este mayor al de la tasa mínima aceptable de rendimiento que puede aceptar el proyecto (TMAR) que es del 13,70%.

De los resultados, se puede apreciar que el proyecto es viable y satisfactorio.



## CONCLUSIONES

- Con el sistema de enfriamiento culminado, se logró obtener una disminución de temperatura del rango requerido en cada molde después del proceso realizado por el equipo. Es decir, disminuyó a 50 °C con una variación entre moldes de  $\pm 5$  °C Sin embargo, un 5% de los moldes que pasaban por el sistema no llegaron a enfriarse en su totalidad. Situación que será controlada con mejoras en el sistema.
- Al obtener los resultados en el bastidor, se pudo determinar que la estructura tiene un factor de seguridad de 2, el cual hace que la misma sea estable y no presente ningún problema estructural debido a que realiza un esfuerzo mínimo al permitido. Este factor de seguridad es elevado puesto que el enfriador no está sometido a cargas muy altas.
- Al analizar las alternativas de diseño, se concluyó diseñar un sistema mixto de aspersión de agua y aire, ya que la inversión realizada en el sistema de enfriamiento se logra recuperar en 6 meses. Tomando en cuenta que con el equipo en funcionamiento se reducen las paradas de producción a causa de daños en la máquina de Leudo.
- El costo total del proyecto fue de 10,008.18\$. En su mayor porcentaje está construida con acero inoxidable 304, material que es necesario para la industria de alimentos. Considerando como elemento crítico al componente PLC debido a la importancia de su función dentro del sistema de enfriamiento ya que este es completamente automatizado. Su costo fue de \$527,80 siendo este el componente de costo más elevado.

## RECOMENDACIONES

- Al observar en el análisis que existen moldes que no llegan a enfriarse de la manera correcta, se recomienda colocar un frenado de cajas antes del ingreso al enfriador de moldes. Esto permitirá que el equipo funcione de manera homogénea y todos los moldes tengan una salida de temperatura idéntica.
- Realizar la implementación de una línea de boquillas de aire en el ingreso del enfriador para limpiar residuos de producto terminado y tener un contacto mayor entre el agua, aire y el molde.
- Rediseñar la banda que pasa por el enfriador de moldes, cortando la banda en 2 y modificando las velocidades de transporte de cajas, haciendo que la velocidad de la banda antes del enfriador de moldes sea mayor a la velocidad de la banda que se encuentra dentro, garantizando un mayor tiempo de enfriamiento y mejorando el sistema.
- Modificar la bandeja recolectora de agua ya que al momento de realizar las limpiezas operacionales se evidencia dificultades por el operario, las dimensiones y ubicación no es la adecuada para una buena limpieza.

## REFERENCIAS

- [1] Real Academia Española, «Diccionario de la lengua española,» 28 Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=QcpSlwx>.
- [2] «Termodinámica y transferencia de calor,» de *Transferencia de calor y masa*, México D.F., McGraw Hill, 2011, p. 2.
- [3] «¿Qué y Cómo?,» de *Fundamentos de Transferencia de Calor y Masa*, Cuarta ed., México, Prentice Hall, 1999, p. 2.
- [4] «Introducción y conceptos básicos,» de *Termodinámica*, Mexico D.F, McGraw-Hill, 2012, p. 2.
- [5] R. L. Mott, *Mecánica de Fluidos*, Ciudad de Mexico: Pearson Educacio, 2006.
- [6] D. R. Askeland, *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Mexico: Internacional THomson Editores, 2004.
- [7] J. Morales Güeto , *Tecnología de los materiales cerámicos*, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2005.
- [8] Wordpress, «El calor,» 10 Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://elcalor.wordpress.com/2015/03/10/la-propagacion-o-transferencia-del-calor/>. [Último acceso: 25 Octubre 2017].
- [9] «Convección,» de *Transferencia de calor y masa*, Cuarta ed., México, Mc Graw Hill, 2011, p. 25.
- [10] A. M. Domingo, *Apuntes de Mecánica de Fluidos*, Madrid, 2017.
- [11] C. A. Correa, *Fenómenos Químicos*, Medellín: Universidad EAFIT, 2002.
- [12] R. Serway y J. Faughn, *Física*, México: Pearson, 2001.

- [13] ALTEC, «Electroválvulas,» 29 Mayo 2012. [En línea]. Available: <https://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>. [Último acceso: 15 Enero 2018].
- [14] P. Ponsa y T. Granollers, «Diseño y automatización Industrial,» Cataluña, 2005.
- [15] InfoPLC, «Introducción a la automatización con PLC,» 8 Agosto 2013. [En línea]. Available: <http://www.infoplcn.net/documentacion/5-automatas/1832-introduccion-automatizacion-plc>. [Último acceso: 19 Noviembre 2017].
- [16] Engineering the world from Paraguay, «Rama estudiantil del IEEE de la UCSA,» 31 Enero 2011. [En línea]. Available: <https://ramaucsa.wordpress.com/2011/01/31/concepto-plc-controlador-logico-programable/>. [Último acceso: 22 Enero 2018].
- [17] A. Creus, Neumática e hidráulica, Cataluña: MARCOMBO S.A., 2007.
- [18] S. Majumdar, Sistemas Neumáticos, Mexico: McGraw-Hill, 1998.
- [19] TASEL, «Ventilación y conductos,» 25 Mayo 2014. [En línea]. Available: <https://www.tasel.es/extractores-de-aire-tipos-usos-ventilacion-industrial/>. [Último acceso: 2 Febrero 2018].
- [20] E. Brillas y P.-L. Cabot, Trends in electrochemistry and corrosion at the beginning of the 21st century, Barcelona: Universitat de Barcelona, 2004.
- [21] D. M. Ochoa, J. Vivas y E. R. Santafé, «Uso del método de elementos finitos (MEF) para la determinación de esfuerzos y deformaciones en un modelo de pozo,» *El Reventón Energético*, vol. VII, n° 1, pp. 27-35, 2009.
- [22] EMI Corporation, «Bandas transportadoras & Sistemas de automatización,» 14 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://www.emicorp.com.mx>. [Último acceso: 26 febrero 2018].
- [23] AISC, Manual of steel construction, USA, 2005.

- [24] Festo AG & Co. KG, «ECUAINSETEC,» Festo, 28 Octubre 2010. [En línea]. Available: <http://www.ecuainsetec.com.ec/es/lineas/24/festo>. [Último acceso: 07 Mayo 2018].
- [25] Christian Burkert gmbH & co. KG, «Burkert,» 24 Octubre 2016. [En línea]. Available: [www.burkert.com](http://www.burkert.com). [Último acceso: 19 Julio 2017].
- [26] Spraying Systems Co., «Experts in spray technology,» [En línea]. Available: [www.spray.com](http://www.spray.com). [Último acceso: 10 Noviembre 2017].
- [27] Hans Turck GmbH & co.GK, «TURCK Industrial Automation,» 01 Abril 2018. [En línea]. Available: [www.turck.com](http://www.turck.com). [Último acceso: 5 Mayo 2018].
- [28] Siemens AG, Controlador Programable S7-1200 Manual de sistema, Nurnberg: Postfach, 2009.
- [29] Instituto Nacional de Estadística y Censos, «INEC,» 05 Marzo 2018. [En línea]. Available: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Inflacion/2018/Marzo-2018/01%20ipc%20Presentacion\\_IPC\\_mar2018.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Inflacion/2018/Marzo-2018/01%20ipc%20Presentacion_IPC_mar2018.pdf). [Último acceso: 19 Junio 2018].
- [30] «Calor y otras formas de energía,» de *Transferencia de calor y masa*, Cuarta ed., México, Mc Graw Hill, 2011, p. 6.
- [31] «Transferencia de la energía,» de *Transferencia de calor y masa*, Cuarta ed., México, Mc Graw Hill, 2011, p. 9.
- [32] «Primera ley de la termodinámica,» de *Transferencia de calor y masa*, Cuarta ed., México, Mc Graw Hill, 2011, p. 11.
- [33] «Balance de energía para sistemas cerrados,» de *Transferencia de calor y masa*, Cuarta ed., México, Mc Graw Hill, 2011, p. 12.
- [34] «Balance de energía para sistemas de flujo estacionario,» de *Transferencia de calor y masa*, Cuarta ed., México, Mc Graw Hill, 2011, p. 12.

- [35] «Balance de energía en la superficie,» de *Transferencia de calor y masa*, Cuarta ed., México, Mc Graw Hill, 2011, p. 14.
- [36] «Radiación,» de *Transferencia de calor y masa*, Cuarta ed., México, Mc Graw Hill, 2011, p. 27.
- [37] J. Conesa, *Mecanismos de transferencia de calor*, Mexico D.F., 2013.
- [38] D. Ferrari y F. Días del Castillo, «Método del elemento finito y AutoFEM,» 2 Enero 2018. [En línea]. Available: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiJi73jgLbcAhXQxFkKHRVpCaIQFghEMAI&url=http%3A%2F%2Folimpia.cuautitlan2.unam.mx%2Fpagina\\_ingenieria%2Fmecnica%2Fmat%2Fmat\\_mec%2Fm1%2FElemento\\_finito\\_Autofem.pdf&usg=](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiJi73jgLbcAhXQxFkKHRVpCaIQFghEMAI&url=http%3A%2F%2Folimpia.cuautitlan2.unam.mx%2Fpagina_ingenieria%2Fmecnica%2Fmat%2Fmat_mec%2Fm1%2FElemento_finito_Autofem.pdf&usg=). [Último acceso: 5 Marzo 2018].
- [39] A. Creus, *Neumática e Hidráulica*, Barcelona: Marcombo, 2011.

# ANEXO A: BLOQUES DE PROGRAMACION DE AUTOMATIZACION DE ENFRIADOR DE MOLDES

|                                      |  |  |
|--------------------------------------|--|--|
| Totally Integrated Automation Portal |  |  |
|--------------------------------------|--|--|

PLC\_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa / Etapas

Proceso [FB1]

**Proceso Propiedades**

| General    |            |        |   |      |    |        |     |
|------------|------------|--------|---|------|----|--------|-----|
| Nombre     | Proceso    | Número | 1 | Tipo | FB | Idioma | KOP |
| Numeración | automática |        |   |      |    |        |     |

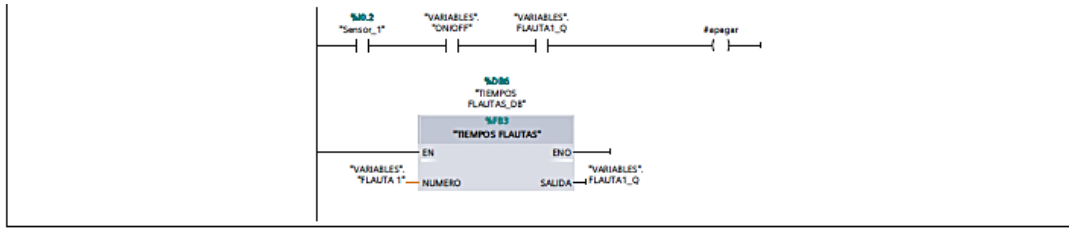
| Información |     |                  |  |            |  |         |  |
|-------------|-----|------------------|--|------------|--|---------|--|
| Título      |     | Autor            |  | Comentario |  | Familia |  |
| Versión     | 0.1 | ID personalizada |  |            |  |         |  |

| Nombre    | Tipo de datos | Valor predet. | Remanencia | Accesible desde HMI | Visible en HMI | Valor de ajuste | Comentario |
|-----------|---------------|---------------|------------|---------------------|----------------|-----------------|------------|
| Input     |               |               |            |                     |                |                 |            |
| Output    |               |               |            |                     |                |                 |            |
| InOut     |               |               |            |                     |                |                 |            |
| Static    |               |               |            |                     |                |                 |            |
| ▼ Temp    |               |               |            |                     |                |                 |            |
| OFF_MOTOR | Bool          |               |            |                     |                |                 |            |
| apagar    | Bool          |               |            |                     |                |                 |            |
| Constant  |               |               |            |                     |                |                 |            |

Segmento 1:

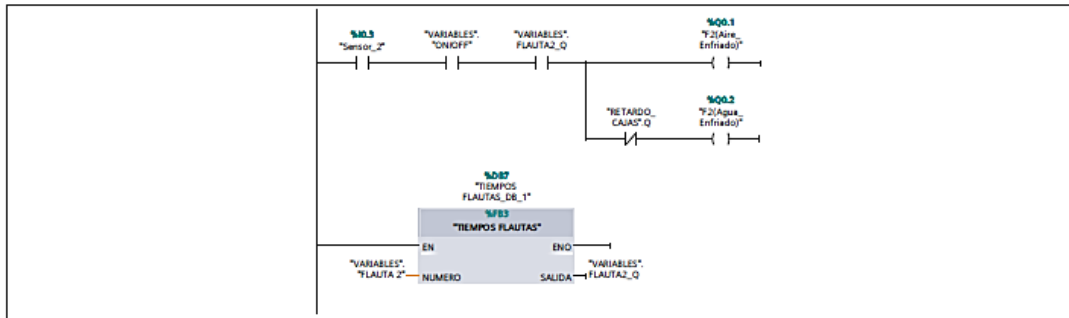
| Símbolo            | Dirección | Tipo | Comentario |
|--------------------|-----------|------|------------|
| "VARIABLES".ATASCO |           | Bool |            |

Segmento 2: Flauta 1



| Símbolo                 | Dirección | Tipo | Comentario |
|-------------------------|-----------|------|------------|
| "Sensor_1"              | %I0.2     | Bool |            |
| "VARIABLES"."FLAUTA 1"  |           | Byte |            |
| "VARIABLES"."ON/OFF"    |           | Bool |            |
| "VARIABLES"."FLAUTA1_Q" |           | Bool |            |
| #apagar                 |           | Bool |            |

Segmento 3: Flauta 2

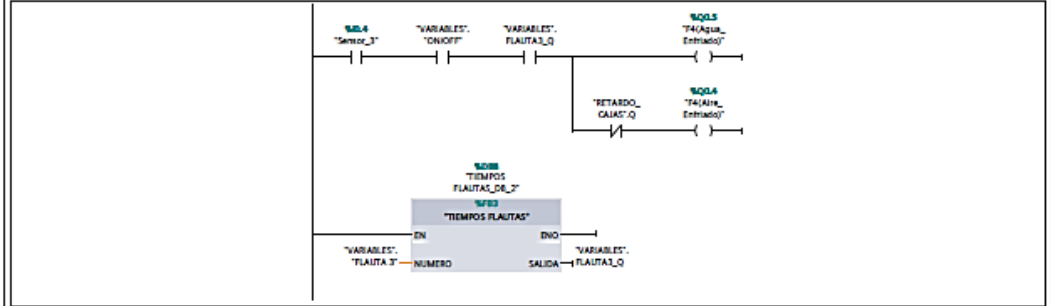


| Símbolo                | Dirección | Tipo | Comentario |
|------------------------|-----------|------|------------|
| "F2(Agua_Enfriado)"    | %Q0.2     | Bool |            |
| "F2(Aire_Enfriado)"    | %Q0.1     | Bool |            |
| "RETARDO_CAJAS_Q"      |           | Bool |            |
| "Sensor_2"             | %I0.3     | Bool |            |
| "VARIABLES"."FLAUTA 2" |           | Byte |            |



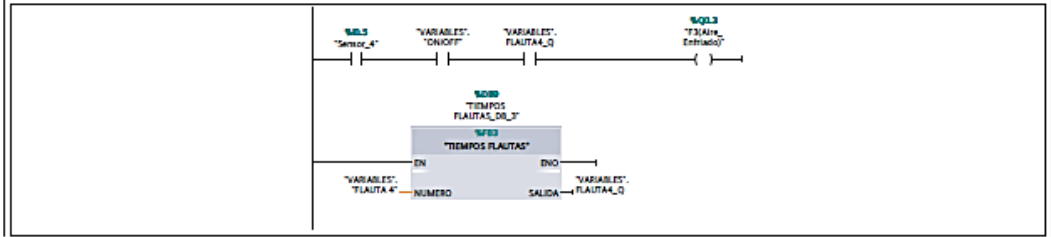
| Símbolo               | Dirección | Tipo | Comentario |
|-----------------------|-----------|------|------------|
| "VARIABLES"."ON/OFF"  |           | Bool |            |
| "VARIABLES".FLAUTA2_Q |           | Bool |            |

**Segmento 4: Flauta 3**



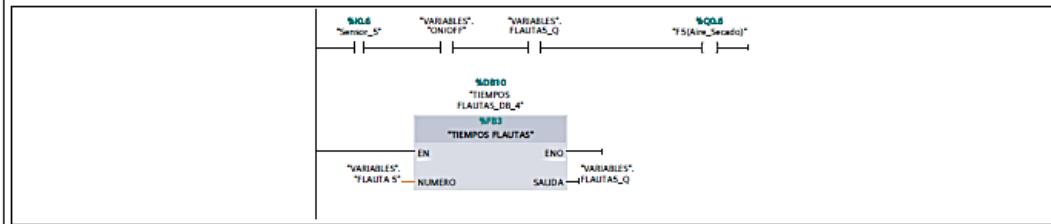
| Símbolo                | Dirección | Tipo | Comentario |
|------------------------|-----------|------|------------|
| "F4(Agua_Enfriado)"    | %Q0.5     | Bool |            |
| "F4(Aire_Enfriado)"    | %Q0.4     | Bool |            |
| "RETARDO_CAJAS".Q      |           | Bool |            |
| "Sensor_3"             | %I0.4     | Bool |            |
| "VARIABLES"."FLAUTA 3" |           | Byte |            |
| "VARIABLES"."ON/OFF"   |           | Bool |            |
| "VARIABLES".FLAUTA3_Q  |           | Bool |            |

**Segmento 5: Flauta 4**



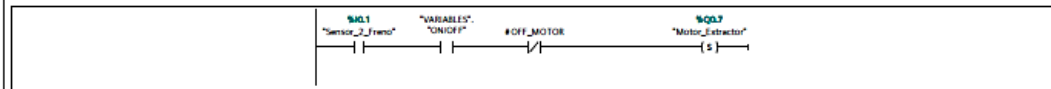
| Símbolo                | Dirección | Tipo | Comentario |
|------------------------|-----------|------|------------|
| "F3(Aire_Secado)"      | %Q0.3     | Bool |            |
| "Sensor_4"             | %I0.5     | Bool |            |
| "VARIABLES"."FLAUTA 4" |           | Byte |            |
| "VARIABLES"."ON/OFF"   |           | Bool |            |
| "VARIABLES".FLAUTA4_Q  |           | Bool |            |

**Segmento 6: Flauta 5**



| Símbolo                | Dirección | Tipo | Comentario |
|------------------------|-----------|------|------------|
| "F5(Aire_Secado)"      | %Q0.6     | Bool |            |
| "Sensor_5"             | %I0.6     | Bool |            |
| "VARIABLES"."FLAUTA 5" |           | Byte |            |
| "VARIABLES"."ON/OFF"   |           | Bool |            |
| "VARIABLES".FLAUTA5_Q  |           | Bool |            |

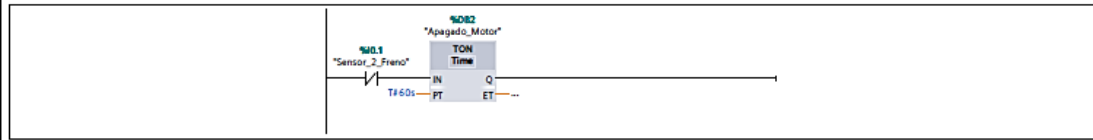
**Segmento 7:**



|                                      |  |  |
|--------------------------------------|--|--|
| Totally Integrated Automation Portal |  |  |
|--------------------------------------|--|--|

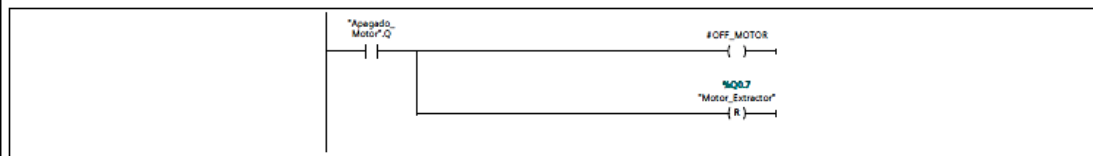
| Símbolo               | Dirección | Tipo | Comentario                 |
|-----------------------|-----------|------|----------------------------|
| *Motor_Extractor      | %Q0.7     | Bool |                            |
| *Sensor_2_Freno       | %I0.1     | Bool | Sensor Lado Izquierdo Caja |
| *VARIABLES*. "ON/OFF" |           | Bool |                            |
| #OFF_MOTOR            |           | Bool |                            |

Segmento 8:



| Símbolo         | Dirección | Tipo | Comentario                 |
|-----------------|-----------|------|----------------------------|
| *Sensor_2_Freno | %I0.1     | Bool | Sensor Lado Izquierdo Caja |

Segmento 9:



| Símbolo            | Dirección | Tipo | Comentario |
|--------------------|-----------|------|------------|
| *Apagado_Motor'.Q' |           | Bool |            |
| *Motor_Extractor   | %Q0.7     | Bool |            |
| #OFF_MOTOR         |           | Bool |            |

|                                      |  |  |
|--------------------------------------|--|--|
| Totally Integrated Automation Portal |  |  |
|--------------------------------------|--|--|

## PLC\_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Bloques de programa / Etapas

### TIEMPOS FLAUTAS [FB3]

| TIEMPOS FLAUTAS Propiedades |                 |                  |   |            |    |         |     |
|-----------------------------|-----------------|------------------|---|------------|----|---------|-----|
| General                     |                 |                  |   |            |    |         |     |
| Nombre                      | TIEMPOS FLAUTAS | Número           | 3 | Tipo       | FB | Idioma  | SCL |
| Numeración                  | automática      |                  |   |            |    |         |     |
| Información                 |                 |                  |   |            |    |         |     |
| Título                      |                 | Autor            |   | Comentario |    | Familia |     |
| Versión                     | 0.1             | ID personalizada |   |            |    |         |     |

| Nombre   | Tipo de datos | Valor predet. | Remanencia | Accesible desde HMI | Visible en HMI | Valor de ajuste | Comentario |
|----------|---------------|---------------|------------|---------------------|----------------|-----------------|------------|
| ▼ Input  |               |               |            |                     |                |                 |            |
| NUMERO   | Byte          | 16#0          | Remanente  | True                | True           | False           |            |
| ▼ Output |               |               |            |                     |                |                 |            |
| SALIDA   | Bool          | false         | Remanente  | True                | True           | False           |            |
| InOut    |               |               |            |                     |                |                 |            |
| Static   |               |               |            |                     |                |                 |            |
| Temp     |               |               |            |                     |                |                 |            |
| Constant |               |               |            |                     |                |                 |            |

```

0001 IF #NUMERO = 0 THEN
0002     #SALIDA := "Clock_10Hz";
0003 END_IF;
0004
0005 IF #NUMERO = 1 THEN
0006     #SALIDA := "Clock_5Hz";
0007 END_IF;
0008
0009 IF #NUMERO = 2 THEN
0010     #SALIDA := "Clock_2.5Hz";
0011 END_IF;
0012
0013 IF #NUMERO = 3 THEN
0014     #SALIDA := "Clock_2Hz";
0015 END_IF;
0016
0017 IF #NUMERO = 4 THEN
0018     #SALIDA := "Clock_1.25Hz";
0019 END_IF;
0020
0021 IF #NUMERO = 5 THEN
0022     #SALIDA := "Clock_1Hz";
0023 END_IF;
0024
0025 IF #NUMERO = 6 THEN
0026     #SALIDA := "Clock_0.625Hz";
0027 END_IF;
0028
0029 IF #NUMERO = 7 THEN
0030     #SALIDA := "Clock_0.5Hz";
0031 END_IF;

```

| Símbolo         | Dirección | Tipo | Comentario |
|-----------------|-----------|------|------------|
| "Clock_0.5Hz"   | %M0.7     | Bool |            |
| "Clock_0.625Hz" | %M0.6     | Bool |            |
| "Clock_1.25Hz"  | %M0.4     | Bool |            |
| "Clock_1Hz"     | %M0.5     | Bool |            |
| "Clock_2.5Hz"   | %M0.2     | Bool |            |
| "Clock_2Hz"     | %M0.3     | Bool |            |
| "Clock_5Hz"     | %M0.1     | Bool |            |
| "Clock_10Hz"    | %M0.0     | Bool |            |
| #NUMERO         |           | Byte |            |
| #SALIDA         |           | Bool |            |

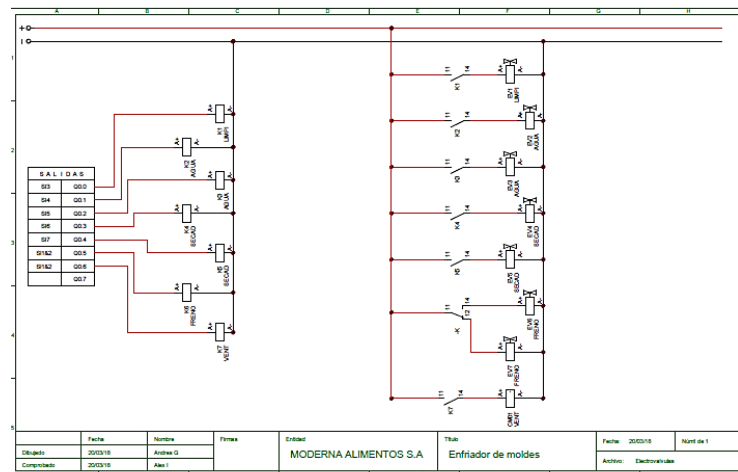
| Totally Integrated Automation Portal  |                 |               |               |            |                |                     |                            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                 |      |       |       |      |      |                          |                          |                |      |       |       |      |      |                            |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
|---|-----------------|---------------|---------------|------------|----------------|---------------------|----------------------------|--|--|--|--|--------|---------------|-----------|------------|----------------|---------------------|------------|--------------------------|-----------------|------|-------|-------|------|------|--------------------------|--------------------------|----------------|------|-------|-------|------|------|----------------------------|--------------------------|----------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|----------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|----------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|----------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|----------|------|-------|-------|------|------|--|
| <p>PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Variables PLC / Entradas / INPUT [7]</p> <p>Variables PLC</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">Variables PLC</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Nombre</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Dirección</th> <th>Remanencia</th> <th>Visible en HMI</th> <th>Accesible desde HMI</th> <th>Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Sensor_1_Piston</td> <td>Bool</td> <td>%I0.0</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td>Sensor Lado Derecho Caja</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Sensor_2_Freno</td> <td>Bool</td> <td>%I0.1</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td>Sensor Lado Izquierdo Caja</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Sensor_1</td> <td>Bool</td> <td>%I0.2</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Sensor_2</td> <td>Bool</td> <td>%I0.3</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Sensor_3</td> <td>Bool</td> <td>%I0.4</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Sensor_4</td> <td>Bool</td> <td>%I0.5</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Sensor_5</td> <td>Bool</td> <td>%I0.6</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |                 |               | Variables PLC |            |                |                     |                            |  |  |  |  | Nombre | Tipo de datos | Dirección | Remanencia | Visible en HMI | Accesible desde HMI | Comentario | <input type="checkbox"/> | Sensor_1_Piston | Bool | %I0.0 | False | True | True | Sensor Lado Derecho Caja | <input type="checkbox"/> | Sensor_2_Freno | Bool | %I0.1 | False | True | True | Sensor Lado Izquierdo Caja | <input type="checkbox"/> | Sensor_1 | Bool | %I0.2 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | Sensor_2 | Bool | %I0.3 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | Sensor_3 | Bool | %I0.4 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | Sensor_4 | Bool | %I0.5 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | Sensor_5 | Bool | %I0.6 | False | True | True |  |
| Variables PLC   |                 |               |               |            |                |                     |                            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                 |      |       |       |      |      |                          |                          |                |      |       |       |      |      |                            |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
|   | Nombre          | Tipo de datos | Dirección     | Remanencia | Visible en HMI | Accesible desde HMI | Comentario                 |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                 |      |       |       |      |      |                          |                          |                |      |       |       |      |      |                            |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>  | Sensor_1_Piston | Bool          | %I0.0         | False      | True           | True                | Sensor Lado Derecho Caja   |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                 |      |       |       |      |      |                          |                          |                |      |       |       |      |      |                            |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>  | Sensor_2_Freno  | Bool          | %I0.1         | False      | True           | True                | Sensor Lado Izquierdo Caja |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                 |      |       |       |      |      |                          |                          |                |      |       |       |      |      |                            |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>  | Sensor_1        | Bool          | %I0.2         | False      | True           | True                |                            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                 |      |       |       |      |      |                          |                          |                |      |       |       |      |      |                            |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>  | Sensor_2        | Bool          | %I0.3         | False      | True           | True                |                            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                 |      |       |       |      |      |                          |                          |                |      |       |       |      |      |                            |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>  | Sensor_3        | Bool          | %I0.4         | False      | True           | True                |                            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                 |      |       |       |      |      |                          |                          |                |      |       |       |      |      |                            |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>  | Sensor_4        | Bool          | %I0.5         | False      | True           | True                |                            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                 |      |       |       |      |      |                          |                          |                |      |       |       |      |      |                            |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>  | Sensor_5        | Bool          | %I0.6         | False      | True           | True                |                            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                 |      |       |       |      |      |                          |                          |                |      |       |       |      |      |                            |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |

| Totally Integrated Automation Portal   |                   |               |               |            |                |                     |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
|--|-------------------|---------------|---------------|------------|----------------|---------------------|------------|--|--|--|--|--------|---------------|-----------|------------|----------------|---------------------|------------|--------------------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|-------------------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|-----------------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|-----------------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|----------|------|-------|-------|------|------|--|--------------------------|----------|------|-------|-------|------|------|--|
| <p>PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Variables PLC / Salidas / OUTPUT [10]</p> <p>Variables PLC</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">Variables PLC</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Nombre</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Dirección</th> <th>Remanencia</th> <th>Visible en HMI</th> <th>Accesible desde HMI</th> <th>Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>F1(Aire_Limpieza)</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.0</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>F2(Aire_Enfriado)</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.1</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>F2(Agua_Enfriado)</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.2</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>F3(Aire_Enfriado)</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.3</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>F4(Aire_Enfriado)</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.4</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>F4(Agua_Enfriado)</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.5</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>F5(Aire_Secado)</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.6</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Motor_Extractor</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.7</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>EV_CAJA1</td> <td>Bool</td> <td>%Q1.0</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>EV_CAJA2</td> <td>Bool</td> <td>%Q1.1</td> <td>False</td> <td>True</td> <td>True</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |                   |               | Variables PLC |            |                |                     |            |  |  |  |  | Nombre | Tipo de datos | Dirección | Remanencia | Visible en HMI | Accesible desde HMI | Comentario | <input type="checkbox"/> | F1(Aire_Limpieza) | Bool | %Q0.0 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | F2(Aire_Enfriado) | Bool | %Q0.1 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | F2(Agua_Enfriado) | Bool | %Q0.2 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | F3(Aire_Enfriado) | Bool | %Q0.3 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | F4(Aire_Enfriado) | Bool | %Q0.4 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | F4(Agua_Enfriado) | Bool | %Q0.5 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | F5(Aire_Secado) | Bool | %Q0.6 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | Motor_Extractor | Bool | %Q0.7 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | EV_CAJA1 | Bool | %Q1.0 | False | True | True |  | <input type="checkbox"/> | EV_CAJA2 | Bool | %Q1.1 | False | True | True |  |
| Variables PLC  |                   |               |               |            |                |                     |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
|  | Nombre            | Tipo de datos | Dirección     | Remanencia | Visible en HMI | Accesible desde HMI | Comentario |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>   | F1(Aire_Limpieza) | Bool          | %Q0.0         | False      | True           | True                |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>   | F2(Aire_Enfriado) | Bool          | %Q0.1         | False      | True           | True                |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>   | F2(Agua_Enfriado) | Bool          | %Q0.2         | False      | True           | True                |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>   | F3(Aire_Enfriado) | Bool          | %Q0.3         | False      | True           | True                |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>   | F4(Aire_Enfriado) | Bool          | %Q0.4         | False      | True           | True                |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>   | F4(Agua_Enfriado) | Bool          | %Q0.5         | False      | True           | True                |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>   | F5(Aire_Secado)   | Bool          | %Q0.6         | False      | True           | True                |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>   | Motor_Extractor   | Bool          | %Q0.7         | False      | True           | True                |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>   | EV_CAJA1          | Bool          | %Q1.0         | False      | True           | True                |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |
| <input type="checkbox"/>   | EV_CAJA2          | Bool          | %Q1.1         | False      | True           | True                |            |  |  |  |  |        |               |           |            |                |                     |            |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                   |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |                 |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |                          |          |      |       |       |      |      |  |

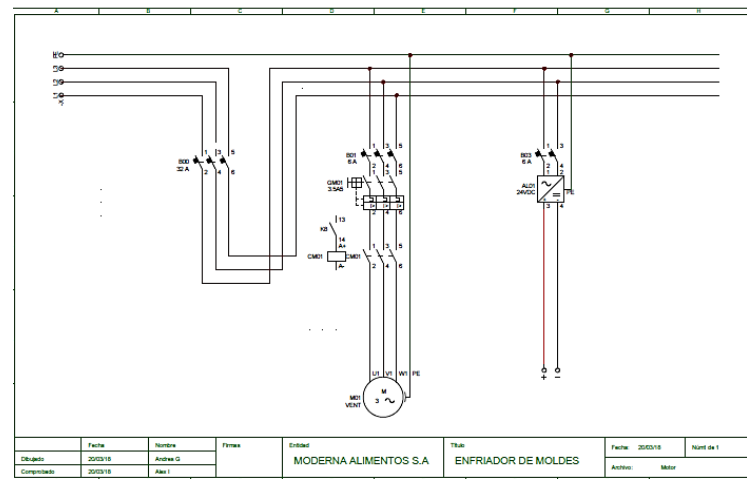
| Totally Integrated Automation Portal   |           |                       |                             |               |
|--|-----------|-----------------------|-----------------------------|---------------|
| <b>PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Tablas de observación y forzado permanente</b><br><b>Tabla de forzado permanente</b> |           |                       |                             |               |
| Nombre   | Dirección | Formato visualización | Valor de forzado permanente | Comentario    |
| *EV_CAJA1*:P   | %Q1.0:P   | BOOL                  | FALSE                       |               |
| *EV_CAJA2*:P   | %Q1.1:P   | BOOL                  | FALSE                       |               |
| *Motor_Extractor*:P  | %Q0.7:P   | BOOL                  | FALSE                       |               |
| *F1(Aire_Limpieza)*:P  | %Q0.0:P   | BOOL                  | FALSE                       | de shabllitar |
| *F5(Aire_Secado)*:P  | %Q0.6:P   | BOOL                  | FALSE                       |               |
| *F2(Aire_Enfriado)*:P  | %Q0.1:P   | BOOL                  | FALSE                       |               |
| *F2(Agua_Enfriado)*:P  | %Q0.2:P   | BOOL                  | FALSE                       |               |
| *F3(Aire_Enfriado)*:P  | %Q0.3:P   | BOOL                  | FALSE                       |               |
| *F4(Aire_Enfriado)*:P  | %Q0.4:P   | BOOL                  | FALSE                       |               |
| *F4(Agua_Enfriado)*:P  | %Q0.5:P   | BOOL                  | FALSE                       |               |

## ANEXO B: DIAGRAMAS NEUMATICOS Y ELECTRICOS

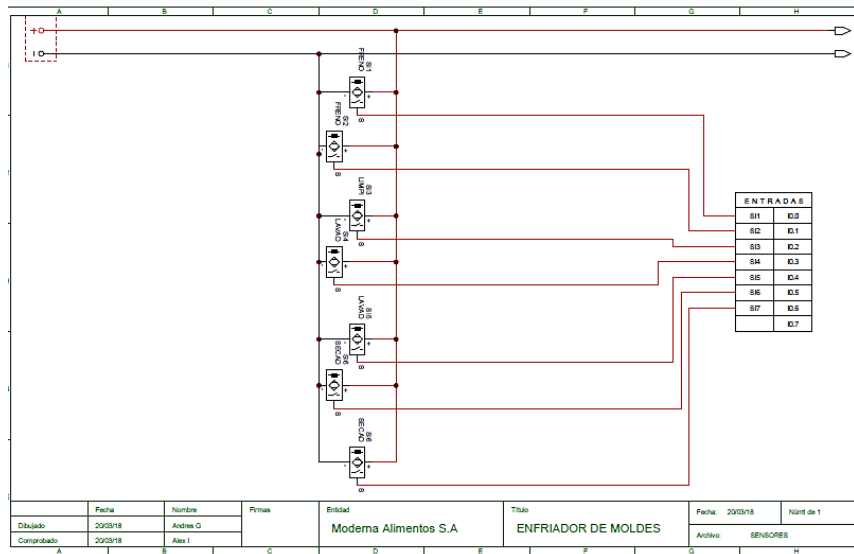
### Diagrama B1 Electroválvulas



### Diagrama B2 Motor



## Diagrama B3 Sensores



# ANEXO C: FICHAS TÉCNICAS

## Ficha C1 Electroválvula de agua

6013

bürkert

### Technical data, continued

#### Circuit function A

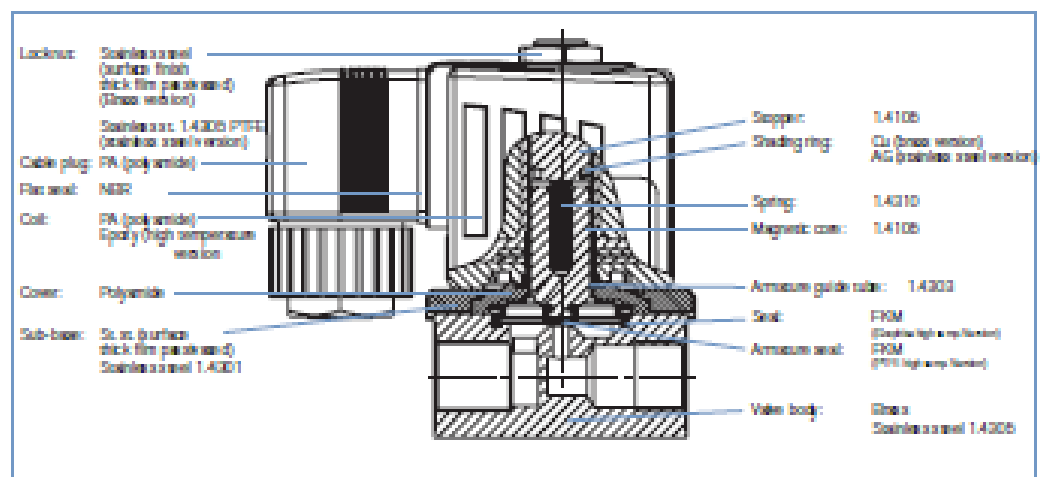
| Orifice [mm] | Port connection | R <sub>v</sub> -value water [m <sup>3</sup> /h] | Weight [g] | Power consumption <sup>1)</sup> [W] | Electr. power Inrush (AC) | Hold (AC) | Coil size | Response time opening [ms] | Response time closed [ms] |
|--------------|-----------------|---|------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|----------------------------|---------------------------|
| 2.0          | G1/8            | 0.13  | 325        | 5W (AC) or 5W (DC) (9)              | 34 VA                     | 13 VA     | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.0          | G1/4            | 0.13  | 485        | 5W (AC) or 5W (DC) (9)              | 34 VA                     | 13 VA     | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.0          | sub-base        | 0.13  | 390        | 5W (AC) or 5W (DC) (9)              | 34 VA                     | 13 VA     | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.5          | G1/8            | 0.18  | 325        | 5W (AC) or 5W (DC) (9)              | 34 VA                     | 13 VA     | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.5          | G1/4            | 0.18  | 485        | 5W (AC) or 5W (DC) (9)              | 34 VA                     | 13 VA     | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.5          | G1/8            | 0.23  | 325        | 5W (AC) or 5W (DC) (9)              | 34 VA                     | 13 VA     | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.5          | G1/4            | 0.23  | 485        | 5W (AC) or 5W (DC) (9)              | 34 VA                     | 13 VA     | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.5          | G1/8            | 0.29  | 350        | 10W (AC) or 10W (DC) (11)           | 50 VA                     | 22 VA     | 5 (40mm)  | 30                         | 30                        |
| 4.0          | G1/4            | 0.29  | 485        | 5W (AC) or 5W (DC) (9)              | 34 VA                     | 13 VA     | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 4.0          | G1/8            | 0.29  | 350        | 10W (AC) or 10W (DC) (11)           | 50 VA                     | 22 VA     | 5 (40mm)  | 30                         | 30                        |
| 8.0          | G1/4            | 0.55  | 485        | 5W (AC) or 5W (DC) (9)              | 34 VA                     | 13 VA     | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 8.0          | G1/8            | 0.55  | 350        | 10W (AC) or 10W (DC) (11)           | 50 VA                     | 22 VA     | 5 (40mm)  | 30                         | 30                        |

#### Circuit function B

| Orifice [mm] | Port connection | R <sub>v</sub> -value water [m <sup>3</sup> /h] | Weight [g] | Power consumption <sup>1)</sup> [W] | Electr. power Inrush (AC) | Hold (AC) | Coil size | Response time opening [ms] | Response time closed [ms] |
|--------------|-----------------|---|------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|----------------------------|---------------------------|
| 2.00         | G 1/8           | 0.13  | 325        | 3 W (AC) or 3 W (DC) (9)            | 34VA                      | 13VA      | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.00         | G 1/4           | 0.13  | 485        | 3 W (AC) or 3 W (DC) (9)            | 34VA                      | 13VA      | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.00         | sub-base        | 0.13  | 390        | 3 W (AC) or 3 W (DC) (9)            | 34VA                      | 13VA      | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.00         | G 1/8           | 0.23  | 325        | 3 W (AC) or 3 W (DC) (9)            | 34VA                      | 13VA      | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.00         | G 1/4           | 0.23  | 485        | 3 W (AC) or 3 W (DC) (9)            | 34VA                      | 13VA      | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 2.00         | sub-base        | 0.23  | 390        | 3 W (AC) or 3 W (DC) (9)            | 34VA                      | 13VA      | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 4.00         | G 1/4           | 0.3   | 485        | 3 W (AC) or 3 W (DC) (9)            | 34VA                      | 13VA      | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |
| 8.00         | G 1/4           | 0.55  | 485        | 3 W (AC) or 3 W (DC) (9)            | 34VA                      | 13VA      | 5 (20mm)  | 30                         | 30                        |

<sup>1)</sup> Values in brackets: at coil temperature 50°C

### Materials



## Ficha C2 Extractor tubular con motor exterior



### Tubulares con motor exterior

Esta gama de extractores tubo axiales ha sido desarrollada para manejo de aire en conductos de sistemas de ventilación comercial o industrial, calefacción y aire acondicionado. Brindan grandes prestaciones de caudal y una presión media que garantiza una alta eficiencia de funcionamiento.

#### CARACTERÍSTICAS:

- Hélice fabricada por método de inyección de aluminio, lo cual brinda resistencia a la corrosión, bajo peso, ideal para el tipo de arreglo antichispa, debido a la ausencia de material ferroso.
- Protección de poleas y bandas.
- Motor externo al paso del aire.
- Carcasa tubular fabricada en acero.

**APLICACIONES:** Instalaciones en ducto, donde sea necesario la impulsión o extracción de aire.



CAMPANAS  
EXTRACTORAS



PROCESOS  
INDUSTRIALES



CUARTOS DE  
PINTURA



ESTACIONAMIENTOS

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| Modelo       | Velocidad RPM | Potencia HP | Tensión Volts | Intensidad A | Caudal a descarga libre<br>m³/hr/CFM | Potencia sonora<br>LwA | Peso aprox.<br>Kg |
|--------------|---------------|-------------|---------------|--------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------|
| TAT - 560/L  | 1430          | ¾           | 208-230 / 460 | 3.1 / 1.4    | 8,229 / 4,843                        | 86.8                   | 48                |
| TAT - 560/H  | 1380          | 1           | 208-230 / 460 | 3.3 / 1.5    | 9,365 / 5,512                        | 87.9                   | 50                |
| TAT - 630/L  | 1300          | 1           | 208-230 / 460 | 3.0 / 1.5    | 12,061 / 7,099                       | 90.7                   | 57                |
| TAT - 630/H  | 1300          | 2           | 208-230 / 460 | 6.2 / 3.1    | 14,285 / 8,408                       | 92.2                   | 62                |
| TAT - 710/L  | 1475          | 2           | 208-230 / 460 | 6.8 / 3.1    | 17,390 / 10,235                      | 96.2                   | 71                |
| TAT - 710/H  | 1325          | 3           | 208-230 / 460 | 8.6 / 3.9    | 20,180 / 11,878                      | 96.9                   | 80                |
| TAT - 800/L  | 1400          | 2           | 208-230 / 460 | 6.2 / 3.1    | 23,354 / 13,746                      | 99.2                   | 88                |
| TAT - 800/H  | 1400          | 5           | 208-230 / 460 | 15.2 / 7.6   | 25,223 / 14,846                      | 100                    | 108               |
| TAT - 900/L  | 1390          | 5           | 230 / 460     | 12.8 / 6.4   | 33,190 / 19,535                      | 102.4                  | 116               |
| TAT - 900/H  | 1450          | 7.5         | 230 / 460     | 18.1 / 9.10  | 40,040 / 23,567                      | 104.9                  | 141               |
| TAT - 1000/L | 1400          | 5           | 208-230 / 460 | 15.2 / 7.6   | 38,880 / 22,884                      | 104.8                  | 145               |
| TAT - 1000/H | 1400          | 7.5         | 208-230 / 460 | 20.2 / 10.1  | 45,880 / 27,004                      | 106.2                  | 166               |

## Ficha C3 Mantenimiento enfriador de moldes



### FICHA DE MANTENIMIENTO

182  
Revisión: 1 Fecha: 26/12/2017

#### ESTRUCTURA

| SISTEMA   | COMPONENTES Y PARTES |                              |                           |
|-----------|----------------------|------------------------------|---------------------------|
| ELECTRICO | 1                    | FUENTE MODULAR 5A            |                           |
|           | 1                    | PANEL HMI 4"                 |                           |
|           | 1                    | PLC S7-1200                  |                           |
| MECÁNICO  | 1                    | BANDA DE TRANSMISION         |                           |
|           | 1                    | EXTRACTOR TUBULAR AXIAL      |                           |
| NEUMÁTICO | 1                    | AGUA                         |                           |
|           |                      | PARTES:                      |                           |
|           |                      | 2                            | ELECTROVALVULA 2/2        |
|           |                      | 2                            | CONECTOR C/LED            |
|           |                      | 4                            | RACOR L ORIENTABLE        |
|           |                      | 10                           | TUBO POLIURETANO VERDE    |
|           |                      | 2                            | PASAMURO                  |
|           |                      | 5                            | BOQUILLAS ASPERSIÓN PLANA |
|           |                      | 1                            | AIRE                      |
|           |                      |                              | PARTES:                   |
|           |                      | 5                            | ELECTRO VALVULA           |
|           |                      | 5                            | INDUCTOR DE BOBINA        |
|           |                      | 5                            | CAJA DE ENCHUFE           |
|           |                      | 5                            | JUNTA REFLECTANTE         |
|           |                      | 1                            | LISTON DISTRIBUIDOR       |
|           |                      | 5                            | RACOR L ORIENTABLE        |
|           |                      | 5                            | RACOR L ORIENTABLE        |
|           |                      | 5                            | SILENCIADOR               |
|           |                      | 10                           | TUBO POLIURETANO AZUL     |
|           |                      | 5                            | PASAMURO                  |
|           | 5                    | BOQUILLAS DE ASPERSIÓN PLANA |                           |

#### RUTINAS

| RUTINA     | FRECUENCIA | RECU. |
|------------|------------|-------|
| SEMANAL    | 1 SEMANA   | Sí    |
| MENSUAL    | 1 MES      | Sí    |
| TRIMESTRAL | 3 MES      | Sí    |
| SEMESTRAL  | 6 MES      | Sí    |
| ANUAL      | 1 AÑO      | Sí    |

#### PARAMETROS

| PARAMETRO            | TIPO  | CONFIGURACION  |
|----------------------|-------|----------------|
| PRESIÓN EN MANÓMETRO | Rango | 80 a 100 PSI   |
| CONSUMO DE CORRIENTE | Rango | 3 a 6 AMPERIOS |

## Ficha C4 Actividades de mantenimiento



### FICHA DE MANTENIMIENTO

182  
Revisión: 1 Fecha: 26/12/2017


#### ACTIVIDADES

| RUTINA     | NIVEL  | ACTIVIDAD                | TIPO       | EXT. |
|------------|--------|--------------------------|------------|------|
| SEMANAL    | OBJETO | MANTENIMIENTO SEMANAL    | Mecánica   | No   |
| SEMANAL    | OBJETO | MANTENIMIENTO SEMANAL    | Inspección | No   |
| TRIMESTRAL | OBJETO | MANTENIMIENTO TRIMESTRAL | Eléctrica  | No   |
| SEMESTRAL  | OBJETO | MANTENIMIENTO SEMESTRAL  | Mecánica   | No   |
| ANUAL      | OBJETO | MANTENIMIENTO ANUAL      | Eléctrica  | No   |

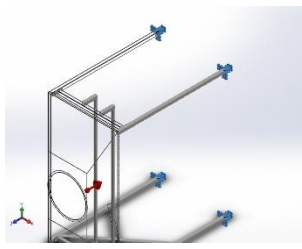


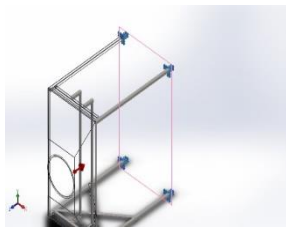
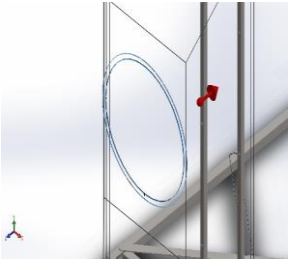
## ANEXO D: ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN SOLID WORKS

**Tabla D1** Propiedades de los materiales que conforman la campana y bastidor

| Model Reference   | Properties  | Components   |
|---|---|--|
|  | <p>Name: <b>AISI 304</b><br/>           Model type: <b>Linear Elastic Isotropic</b><br/>           Default failure criterion: <b>Max von Mises Stress</b><br/>           Yield strength: <b>2.06807e+008 N/m<sup>2</sup></b><br/>           Tensile strength: <b>5.17017e+008 N/m<sup>2</sup></b><br/>           Elastic modulus: <b>1.9e+011 N/m<sup>2</sup></b><br/>           Poisson's ratio: <b>0.29</b><br/>           Mass density: <b>8000 kg/m<sup>3</sup></b><br/>           Shear modulus: <b>7.5e+010 N/m<sup>2</sup></b><br/>           Thermal expansion coefficient: <b>1.8e-005 /Kelvin</b></p> | <p>1(Imported1)(Bastidor-1/Placa_roscada-1),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/Placa_roscada-2),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/Placa_roscada-3),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/Placa_roscada-4),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/placa_soporte-1),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/placa_soporte-2),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/placa_soporte-3),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/placa_soporte-4),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/platina_trasversal-1),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/platina_trasversal-2),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/tc_50x50x2_a-1),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/tc_50x50x2_a-2),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/tc_50x50x2_a-3),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/tc_50x50x2_a-4),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/tc_50x50x2_b-1),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/tc_50x50x2_b-2),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/tc_50x50x2_c-1),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/tc_50x50x2_c-2),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/tc_50x50x2_c-3),<br/>           1(Imported1)(Bastidor-1/tc_50x50x2_c-4),<br/>           1(Imported1)(anillo_cargas-1),<br/>           1(Imported1)(campana-1),<br/>           1(Imported1)(sistema_de_valvulas-1/placa_soldada-1),<br/>           1(Imported1)(sistema_de_valvulas-1/placa_soldada-2),<br/>           1(Imported1)(sistema_de_valvulas-1/placa_soldada-3),<br/>           1(Imported1)(sistema_de_valvulas-1/placa_soldada-4),<br/>           1(Imported1)(sistema_de_valvulas-1/tc_30x1,2mm-1),<br/>           1(Imported1)(sistema_de_valvulas-1/tc_30x1,2mm-2)</p> |

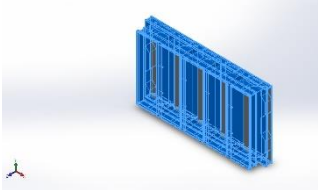
**Tabla D2** Fijaciones y cargas asignadas en el bastidor y campana

| Fixture name                | Fixture Image   | Fixture Details   |                |                  |
|-----------------------------|---|---|----------------|------------------|
| Fixed-1                     |  | <b>Entities:</b> 4 face(s)<br><b>Type:</b> Fixed Geometry |                |                  |
| <b>Resultant Forces</b>     |   |   |                |                  |
| <b>Components</b>           | <b>X</b>  | <b>Y</b>  | <b>Z</b>       | <b>Resultant</b> |
| <b>Reaction force(N)</b>    | <b>-0.00408435</b>  | <b>0.00569916</b>   | <b>2204.28</b> | <b>2204.28</b>   |
| <b>Reaction Moment(N.m)</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>       | <b>0</b>         |


| Load name          | Load Image  | Load Details   |
|--------------------|---|--|
| Gravity-1          |  | <b>Reference:</b> Front Plane<br><b>Values:</b> 0 0 -9.81<br><b>Units:</b> m/s^2   |
| Distributed Mass-1 |  | <b>Entities:</b> 1 face(s)<br><b>Type:</b> Displacement (Direct transfer)<br><b>Coordinate System:</b> Global cartesian coordinates<br><b>Translation Values:</b> ---, ---, --- mm<br><b>Rotation Values:</b> ---, ---, --- deg<br><b>Reference coordinates:</b> 0 0 0 mm<br><b>Remote Mass:</b> 150 kg<br><b>Moment of Inertia:</b> 0,0,0,0,0,0 kg.m^2<br><b>Components transferred:</b> NA |

## ANEXO E: ANÁLISIS TÉRMICO EN SOLID WORKS

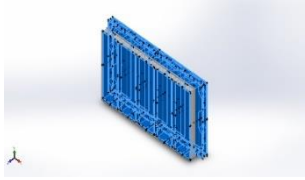
**Tabla E1** Propiedades asignadas al molde previo al cálculo térmico

| Model Reference  | Properties  | Components  |
|--|---|---|
|  | <p>Name: <b>Acero Inoxidable Aluminizado</b></p> <p>Model type: <b>Linear Elastic Isotropic</b></p> <p>Default failure criterion: <b>Max von Mises Stress</b></p> <p>Thermal conductivity: <b>93.3869 W/(m.K)</b></p> <p>Specific heat: <b>480.679 J/(kg.K)</b></p> <p>Mass density: <b>7870 kg/m<sup>3</sup></b></p> | <p><b>SolidBody</b><br/> <b>1(Imported1)(Caja_02-1),</b><br/> <b>SolidBody</b><br/> <b>1(Imported1)(Caja_02-2),</b><br/> <b>SolidBody</b><br/> <b>1(Imported1)(Caja_02-3),</b><br/> <b>SolidBody</b><br/> <b>1(Imported1)(Caja_02-4),</b><br/> <b>SolidBody</b><br/> <b>1(Imported1)(Caja_02-5),</b><br/> <b>SolidBody 1(Imported1)(base-1),</b><br/> <b>SolidBody 1(Imported1)(eje-1),</b><br/> <b>SolidBody 1(Imported1)(eje-2),</b><br/> <b>SolidBody 1(Imported1)(eje-3),</b><br/> <b>SolidBody 1(Imported1)(eje-4),</b><br/> <b>SolidBody 1(Imported1)(eje-5),</b><br/> <b>SolidBody 1(Imported1)(eje-6),</b><br/> <b>SolidBody 1(Imported1)(eje-7),</b><br/> <b>SolidBody 1(Imported1)(eje-8),</b><br/> <b>SolidBody</b><br/> <b>1(Imported1)(platina_doblada_a1-1),</b><br/> <b>SolidBody</b><br/> <b>1(Imported1)(platina_doblada_a1-2),</b><br/> <b>SolidBody</b><br/> <b>1(Imported1)(platina_doblada_b1-1),</b><br/> <b>SolidBody</b><br/> <b>1(Imported1)(platina_doblada_b1-2),</b><br/> <b>SolidBody</b><br/> <b>1(Imported1)(soporte_superior-1)</b></p> |
| Curve Data:N/A   |   |   |

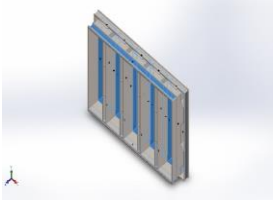
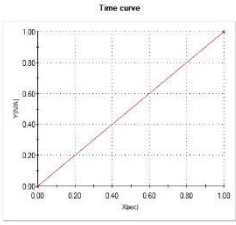
**Tabla E2** Cargas térmicas en la etapa 1

| Load name     | Load Image  | Load Details   |
|---------------|---|--|
| Temperature-1 |  | <b>Entities:</b> 576 face(s)<br><b>Temperature:</b> 90 Celsius |

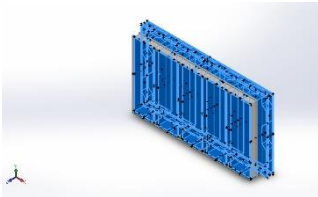
**Tabla E3** Cargas térmicas en la etapa 2

| Load name    | Load Image   | Load Details   |
|--------------|--|--|
| Convection-1 |  | <b>Entities:</b> 571 face(s)<br><b>Convection Coefficient:</b> 5 W/(m <sup>2</sup> .K)<br><b>Time variation:</b> Off<br><b>Temperature variation:</b> Off<br><b>Bulk Ambient Temperature:</b> 308 Kelvin<br><b>Time variation:</b> Off |

**Tabla E4** Cargas térmicas en la etapa 3

| Load name     | Load Image  | Load Details  | Function Curve   |
|---------------|---|---|--|
| Temperature-1 |  | <b>Entities:</b> 27 face(s)<br><b>Temperature:</b> 283.15 Kelvin<br><b>Time variation:</b> on | <br><b>Time curve</b> |

**Tabla E5** Cargas térmicas en la etapa 4

| Load name        | Load Image  | Load Details   |
|------------------|---|--|
| Convection<br>-1 |  | <b>Entities:</b> 571 face(s)<br><b>Convection Coefficient:</b> 5 W/(m <sup>2</sup> .K)<br><b>Time variation:</b> Off<br><b>Temperature variation:</b> Off<br><b>Bulk Ambient Temperature:</b> 308 Kelvin<br><b>Time variation:</b> Off |

## ANEXO F: CARACTERÍSTICAS PLC S7-1200

| Función  | CPU 1211C  | CPU 1212C                   | CPU 1214C                   |
|--|--|-----------------------------|-----------------------------|
| Dimensiones físicas (mm)   | 90 x 100 x 75  |                             | 110 x 100 x 75              |
| Memoria de usuario   |  |                             |                             |
| • Memoria de trabajo   | • 25 KB  |                             | • 50 KB                     |
| • Memoria de carga   | • 1 MB   |                             | • 2 MB                      |
| • Memoria remanente  | • 2 KB   |                             | • 2 KB                      |
| E/S integradas locales   |  |                             |                             |
| • Digitales  | • 6 entradas/4 salidas                                     | • 8 entradas/6 salidas      | • 14 entradas/10 salidas    |
| • Analógicas   | • 2 entradas   | • 2 entradas                | • 2 entradas                |
| Tamaño de la memoria imagen de proceso                             | 1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q) |                             |                             |
| Área de marcas (M)   | 4096 bytes   |                             | 8192 bytes                  |
| Ampliación con módulos de señales                                  | Ninguna  | 2                           | 8                           |
| Signal Board   | 1  |                             |                             |
| Módulos de comunicación  | 3 (ampliación en el lado izquierdo)                        |                             |                             |
| Contadores rápidos   | 3  | 4                           | 6                           |
| • Fase simple  | • 3 a 100 kHz  | • 3 a 100 kHz<br>1 a 30 kHz | • 3 a 100 kHz<br>3 a 30 kHz |
| • Fase en cuadratura   | • 3 a 80 kHz   | • 3 a 80 kHz<br>1 a 20 kHz  | • 3 a 80 kHz<br>3 a 20 kHz  |
| Salidas de impulsos  | 2  |                             |                             |
| Memory Card  | SIMATIC Memory Card (opcional)                             |                             |                             |
| Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real                        | Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C                   |                             |                             |
| PROFINET   | 1 puerto de comunicación Ethernet                          |                             |                             |
| Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales | 18 µs/instrucción  |                             |                             |
| Velocidad de ejecución booleana                                    | 0,1 µs/instrucción   |                             |                             |

## ANEXO H: PLANOS