



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Diseño de una máquina con control automático para el  
añejamiento de arroz en Lambayeque**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

**Bravo Sandoval, Franklin (orcid.org/0000-0002-3668-6281)**

**ASESOR:**

**Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (orcid.org/0000-0003-4412-8789)**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos**

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL**

**UNIVERSITARIA:**

**Promoción de la Salud, nutrición y salud alimentaria**

**CHICLAYO- PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

A mi madre Marleny Sandoval Carranza por su motivación, comprensión, ayuda en los momentos más difíciles y por enseñarme que todo proyecto que inicia también debe culminarse.

A mi padre Víctor Bravo Chozo por su confianza y apuesta hacia mi persona brindándome las facilidades y el apoyo durante el proceso de mi formación como profesional.

A mis hermanos que siempre estuvieron conmigo en todo momento y confiaron en mí

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por concederme la vida y permitirme estar hoy en día disfrutando a lados de mis familiares y seres queridos.

Así mismo quiero agradecer a los docentes e ingenieros que me inspiraron y difundieron sus enseñanzas para contribuir en mi formación profesional, asimismo a mi asesor por su apoyo y orientación rigurosa en el desarrollo de mi investigación.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vi
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.1 Formulación del problema. ....	3
1.2. Hipótesis.....	3
1.3. Justificación del estudio. ....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	19
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	19
3.2. Variables, operacionalización.....	19
3.3. Población , Muestra y Muestreo.....	22
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5 Procedimientos.....	24
3.6. Método de análisis de datos. ....	24
3.7. Aspectos éticos.....	24
IV. RESULTADOS .....	25
4.1 Investigar procesos relacionados al añejamiento de arroz, para poder presentar un diseño alternativo que disminuya los tiempos del proceso sin alterar la calidad del producto: .....	25
4.2 cálculo y selección de los componentes mecánicos de la máquina:.....	28
4.3 Diseño del sistema de control automatizado .....	54
4.4 Selección de equipos eléctricos y electrónicos.....	69
4.5 Evaluación de costos de diseño .....	78
V. Conclusiones .....	78
VI. Recomendaciones.....	79
Referencias:.....	78
Anexos: .....	86

## Índice de tablas

Tabla 1 Matriz operacional de variables .....	20
Tabla 2 Comparación de procesos.....	27
Tabla 3 Temperatura de añejado .....	31
Tabla 4 Constante del aire .....	34
Tabla 5 Viscosidad del aire .....	36
Tabla 6 Numero de prandtl.....	37
Tabla 7 Conductividad térmica del aire .....	38
Tabla 8 Temperatura dentro de la tubería .....	39
Tabla 9 Características de materiales .....	48
Tabla 10 Valor de C .....	48
Tabla 11 Potencia sin fin .....	76
Tabla 12 Potencia ventilador .....	76
Tabla 13 Potencia transportador vibratorio .....	76
Tabla 14 Potencia requerida por la máquina.....	77
Tabla 15 Diseño propuesto .....	78
Tabla 16 Diseño existente .....	78

## Índice de figuras

Figura 1 Actores de la cadena productiva del arroz en el Perú.....	1
Figura 2 Stock arroz en cáscara y arroz pilado Perú.....	1
Figura 3 Importancia económica del arroz .....	2
Figura 4 Producción de arroz por los principales países.....	5
Figura 5. Capacidad de absorción de agua en %, alcanzada por el arroz cocido..	8
Figura 6 Análisis físicos antes del añejamiento.....	9
Figura 7 resultados del experimento .....	10
Figura 8 Secado con aire a temperatura ambiente .....	12
Figura 9 Secado movimiento continuo .....	13
Figura 10 Secado artesanal de arroz .....	25
Figura 11 Añejadora artificial de arroz.....	26
Figura 12 Diseño 2D del prototipo.....	28
Figura 13 Diseño 3D del prototipo.....	28
Figura 14 Referencia de peso del arroz .....	29
Figura 15 Distribución de tuberías.....	30
Figura 16 Promedio de temperatura en Lambayeque .....	31
Figura 17 Promedio de calor específico de arroz pilado.....	32
Figura 18 Temperatura de añejado .....	33
Figura 19 Calentador de aire.....	34
Figura 20 Gas constante del aire .....	34
Figura 21 Temperatura del aire .....	35
Figura 22 Dimensiones de tubos.....	35
Figura 23 Temperatura de aire.....	36
Figura 24 Numero de nusselt .....	37
Figura 25 Distribucción de presiones .....	40
Figura 26 Distribución de tubos dentro de la cámara .....	40
Figura 27 Diagonal de la cámara de envejecimiento.....	42
Figura 28 Radios de la tubería .....	44
Figura 29 Diámetro interno y externo de la tubería .....	45
Figura 30 Potencia de ventiladores .....	46
Figura 31 Curva de presión y caudal del ventilador .....	46
Figura 32 Dimensiones mecánicas del ventilador .....	47
Figura 33 Transportador sin fin .....	47
Figura 34 Representación de la hélice del transportador sin fin.....	51
Figura 35 Transportador vibratorio .....	52
Figura 36 Vista general del HMI .....	54
Figura 37 Vista inicio HMI.....	55
Figura 38 Vista configuración HMI .....	55
Figura 39 Vistas recetas HMI .....	56
Figura 40 Vistas tendencias HMI.....	56
Figura 41 Vistas TEST HMI.....	57
Figura 42 Vista SUPERV. HMI .....	57
Figura 43 Vista alarmas HMI.....	58
Figura 44 Botón iniciar proceso.....	59

Figura 45 Botón detenido .....	59
Figura 46 Botón RESET .....	60
Figura 47 Botón bypass añejado.....	60
Figura 48 selección de PLC y Módulos .....	61
Figura 49 Selección del HMI .....	62
Figura 50 Selección IP comunicación .....	63
Figura 51 Selección IP comunicación .....	63
Figura 52 Programa PLC .....	64
Figura 53 Programa PLC .....	65
Figura 54 Programa PLC .....	65
Figura 55 Programa PLC .....	66
Figura 56 Programa PLC .....	66
Figura 57 Programa PLC .....	67
Figura 58 Programa PLC .....	67
Figura 59 Programa PLC .....	68
Figura 60 Programa PLC .....	68
Figura 61 Programa PLC .....	69
Figura 62 PLC .....	70
Figura 63 HMI.....	70
Figura 64 VARIADOR .....	71
Figura 65 GUARDAMOTOR.....	71
Figura 66 CONTACTOR.....	72
Figura 67 Interruptor de riel din .....	72
Figura 68 Interruptor de caja moldeada .....	73
Figura 69 Motor .....	73
Figura 70 Medidor de energía .....	74
Figura 71 Sensor de Temperatura .....	74
Figura 72 Relé de fases .....	75
Figura 73 Fuente de alimentación .....	75

## RESUMEN

Actualmente el proceso natural para la variación de las propiedades físico químicas del arroz constituye un tiempo de almacenamiento prolongado de 7 – 12 meses.

El presente proyecto de investigación abarca el diseño de una maquina automatizada para el proceso de añejamiento de arroz, mediante el aumento de temperatura controlado en un ambiente cerrado, en el cual las cadenas de almidones se ven alteradas, modificando sus propiedades organolépticas y cualidades del arroz, obteniendo resultados beneficiosos al momento de la cocción.

Investigaciones realizadas por diferentes autores demuestran que es posible realizar este proceso mediante la variación de temperatura de una forma controlada y parcial siendo este el objetivo de la investigación.

Este proceso comienza con el ingreso del producto al transportador sinfín que distribuye uniformemente a través de la cámara de envejecimiento.

Posteriormente se someterá a una variación de temperatura controlada mediante un calentador de aire y un ventilador centrifugo.

Finalmente pasara por un tiempo de reposo para estabilizar las partículas del arroz, posteriormente pasara a la etapa de descarga del producto, inmediatamente después se repetirá el proceso con un nuevo lote de arroz pilado.

**Palabras clave:** añejamiento, arroz, añejadora, agroindustrial.



## **ABSTRACT**

Currently, the natural process for the variation of the chemical physical properties of rice constitutes a prolonged storage time of 7-12 months.

This research project covers the design of an automated machine for the aging process of rice, by increasing the controlled temperature in a closed environment, in which the chains of starches are altered, modifying their organoleptic properties and qualities of rice, obtaining beneficial results at the time of cooking.

Investigations carried out by different authors show that it is possible to carry out this process by means of temperature variation in a controlled and partial way, this being the objective of the investigation.

This process begins with the entrance of the product to the endless conveyor that distributes it uniformly through the aging chamber.

Subsequently, it will be subjected to a controlled temperature variation by means of an air heater and a centrifugal fan.

Finally, it will go through a rest period to stabilize the rice particles, then it will go to the product unloading stage, immediately after the process will be repeated with a new batch of milled rice.

**Keywords:** Aging, rice, aged, agro – industrial.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática.

El departamento de Lambayeque concentra una de las mayores producciones de arroz (13%), además cuenta con la segunda mayor cantidad de molinos de arroz (98); muchos de los cuales son los más reconocidos a nivel nacional por sus productos de calidad (MINAGRI, 2017).

Figura 1 Actores de la cadena productiva del arroz en el Perú.

Actores de la cadena productiva del arroz (resumida) en Perú

	PRODUCTORES	PRODUCCIÓN	MOLINEROS	CONSUMO	CONSUMIDORES
	70.471	3.038.766 t	626	2.500.000 t	32.170.000
San Martín	15%	28%	56		
Lambayeque	3%	13%	98	84% abastecido por producción local	
Piura	27%	13%	108		
Amazonas	5%	11%	55		54 kg consumo per cápita
Arequipa	5%	3%	76		
La libertad	4%	7%	71	16% abastecido por las importaciones	
Cajamarca	7%	6%	36		
Otros	34%	13%	126		

Fuente: SIEA (2018) y MINAGRI (2018).

Fuente: (MINAGRI, 2018)

Figura 2 Stock arroz en cáscara y arroz pilado Perú 2019

PERÚ 2019: STOCK DE ARROZ EN CÁSCARA Y ARROZ PILADO

Departamento	MOLINO				ALMACEN		PUESTO MAYORISTA		arroz cáscara a pilado (t) f=a*c	TOTAL PILADO g=b+d+e+f
	N° de molinos entrevistados en actividad	arroz cáscara (t) a	arroz pilado (t) b	porcentaje de conversión c	N° almacenes entrevistado	arroz en almacenes (t) d	N° mayoristas entrevistados	arroz en mayoristas (t) e		
Lima	--	--	--	--	4	21 703	210	23 715	0	45 418
Lambayeque	70	148 762	55 451	65%	0	0	31	3 772	96 695	155 919
La Libertad	70	96 830	11 342	69%	0	0	68	2 283	66 813	80 437
Arequipa	77	78 325	2 301	70%	0	0	36	1 124	54 828	58 253
San Martín	49	38 567	10 597	60%	1	24	0	0	23 140	33 760
Piura	78	13 904	1 067	69%	0	0	20	131	9 594	10 792
Tumbes	8	5 504	642	66%	0	0	16	259	3 633	4 533
Cajamarca	41	4 893	1 287	69%	0	0	58	403	3 376	5 066
Amazonas	21	1 467	307	63%	0	0	28	243	924	1 474
Ancash	11	6 255	2 398	67%	0	0	6	211	4 191	6 801
Huánuco	10	2 058	814	63%	2	70	26	415	1 296	2 595
Ucayali	17	942	169	70%	5	1 227	8	79	660	2 135
Loreto	20	758	282	66%	4	61	19	132	500	975
Madre de Dios	14	83	25	60%	0	0	13	138	50	214
Cusco	3	46	2	60%	0	0	16	190	27	219
Junín	7	25	3	70%	0	0	24	359	18	379
<b>TOTAL</b>	<b>496</b>	<b>398 420</b>	<b>86 687</b>	<b>66%</b>	<b>16</b>	<b>23 084</b>	<b>579</b>	<b>33 454</b>	<b>265 745</b>	<b>408 970</b>

Fuente: IV CENSO EN MOLINOS DE ARROZ, ALMACENES Y TIENDAS MAYORISTAS- ABRIL 2019

Elaboración: MINAGRI- DGESEP-DEA

Fuente: (MINAGRI, 2019)

Figura 3 Importancia económica del arroz

**PERÚ 2018: IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL ARROZ EN CÁSCARA, SEGÚN DEPARTAMENTO  
(A precios constantes de 2007)**

Departamento	VBP agrícola (Millones de soles)	VBP arroz (Millones de soles)	Participación de arroz (%)
TUMBES	169,8	105,5	62,1
LAMBAYEQUE	1 047,4	387,9	37,0
SAN MARTÍN	1947,6	651,6	33,5
PIURA	1 257,9	419,4	33,3
AMAZONAS	1 069,5	336,2	31,4
LORETO	554,9	88,0	15,9
CAJAMARCA	1 004,4	155,1	15,4
AREQUIPA	1 565,8	225,9	14,4
ANCASH	530,5	67,9	12,8
LA LIBERTAD	2 683,5	316,5	11,8
UCAYALI	474,9	48,6	10,2
MADRE DE DIOS	86,8	5,7	6,5
HUÁNUCO	870,0	50,8	5,8
PASCO	365,5	1,7	0,5
CUSCO	708,6	2,0	0,3
JUNÍN	1 528,2	1,8	0,1
AYACUCHO	459,3	0,1	0,0
PUNO	1 010,2	0,2	0,0

Fuente: MINAGRI-DGESEP-DEA

Elaboración: MINAGRI-DGPA-DEEIA

Fuente: (MINAGRI, 2018)

Uno de sus principales productos es el arroz añejo, que se obtiene a través de almacenarlo por un periodo de tiempo para producir cambios en sus propiedades físicas químicas (disminuir la blancura de 36 a 32 °kett y reducir la humedad del grano) para aumentar su calidad al momento de la cocción.

La problemática que se presenta es el tiempo que tarda en obtener arroz añejo natural (8-12 meses), actualmente el mercado internacional y nacional nos brinda máquinas para el añejamiento de arroz artificial, pero muchas de las cuales son altas en costos de adquisición, operación y mantenimiento, y muchas de las cuales tienen diferentes desempeños no muy eficientes ya sea por su diseño, control o ambiente donde trabajan, sus principales deficiencias son (tiempo prolongados (4 horas), para determinar el funcionamiento correcto de todos los componentes antes de iniciar el proceso, obtención deficiente del producto al no estar operativo algún componente, presentan el 7-8% de descarte del producto ingresado, parada de procesos por 3 – 7 días para mantenimiento, alto costo para su adquisición), el principal problema

son las pérdidas de producto que se da al final del proceso ya sea por problemas de la máquina, mantenimiento o configuración de proceso.

Ante ello se propone realizar un diseño para el proceso de añejado, respetando los estándares de calidad del arroz(color, tamaño ,forma, translucidez, etc.) ;aplicaremos las nuevas tecnologías que nos ofrece el mercado, integrando un control automático que nos permita verificar el estado de la maquina antes del inicio del proceso y obtener el estado de operatividad de todos los componentes de la máquina, se propone agregar un sistema de control y supervisión temperaturas automáticos, para obtener mejores resultados.

### **1.1 Formulación del problema.**

¿Se podrá obtener mejores resultados, diseñando una maquina con control automático para el añejamiento de arroz en Lambayeque?

### **1.2. Hipótesis.**

Se presentará un diseño de una máquina para mejorar el proceso de añejado de arroz.

### **1.3. Justificación del estudio.**

Teórica: aportar nuevos conocimientos a través de las investigaciones que haremos para presentar un diseño electromecánico alternativo en el proceso de añejamiento de arroz.

Practica: con el diseño de una añejadora de arroz artificial con control y supervisión de temperaturas, se reducirán tiempos y costos en el proceso.

Metodológica: utilizaremos un método histórico-lógico ya que buscaremos y analizaremos estudios anteriores para nuestro punto de partida de nuestro diseño. (Revisar y mejorar).

Económica: con el diseño que proponemos y el control que integramos reduciremos tiempos y costos del proceso, mejorara la rentabilidad del proceso.

Social: como resultado del diseño de una añejadora se obtendrá un mejor producto de calidad.

Ambiental: reducir el impacto ambiental a través de un mejor control y aprovechamiento de la energía eléctrica.

#### **1.4. OBJETIVOS**

Objetivo general

Presentar un diseño de una maquina con control automático que permita disminuir el costo y tiempo del proceso de añejamiento de arroz.

Objetivos específicos

- Investigar procesos relacionados al añejamiento de arroz, para poder presentar un diseño alternativo que disminuya los tiempos del proceso sin alterar la calidad del producto.
- cálculo y selección de los componentes mecánicos de la máquina.
- Diseño del sistema de control.
- selección de los componentes eléctricos y electrónicos
- Evaluación de costos de diseño.

## II. MARCO TEÓRICO

Las cantidades proyectadas de la productividad mundial de arroz por parte de USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), indica que en la campaña 2019/2020 la productividad mundial inicialmente se había estimado (febrero) en 499,3 millones de toneladas, cifra que se ha reducido rigurosamente en junio, bajando los estimados a 494,2 millones de toneladas, como resultado de la pandemia del coronavirus.

En ese aspecto se aprecia en el siguiente cuadro la producción de arroz mundial sostenía un crecimiento desde la campaña 2015/2016 en adelante, pero en la campaña 2019/2020 descendió

Figura 4 Producción de arroz por los principales países.

**MUNDO: PRODUCCIÓN DE ARROZ PILADO POR PRINCIPALES PAÍSES**  
(En Miles de toneladas)

N°	Países	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021 (Jun)
	<b>Total mundo</b>	<b>477 132</b>	<b>491 322</b>	<b>494 705</b>	<b>496 464</b>	<b>494 292</b>	<b>502 086</b>
1	China	148 499	147 766	148 873	148 490	146 730	149 000
2	India	104 408	109 698	112 760	116 480	117 939	118 000
3	Bangladesh	34 500	34 578	32 650	34 909	35 850	36 000
4	Indonesia	36 200	36 858	37 000	34 200	33 500	34 900
5	Vietnam	27 584	27 400	27 657	27 344	27 369	27 200
6	Thailand	15 800	19 200	20 577	20 340	18 000	20 400
7	Burma	12 160	12 650	13 200	13 200	12 700	13 100
8	Philippines	11 008	11 686	12 235	11 732	11 400	11 000
9	Japan	7 876	7 929	7 787	7 657	7 611	7 650
10	Brazil	7 210	8 383	8 204	7 140	7 412	7 208
11	Pakistan	6 802	6 849	7 500	7 300	7 200	7 500
12	United States	6 131	7 117	5 659	7 107	5 864	6 864
13	Cambodia	4 931	5 256	5 554	5 742	5 740	5 780
14	Nigeria	3 941	4 536	4 470	4 538	5 040	5 040
<b>20</b>	<b>Perú</b>	<b>2 174</b>	<b>2 185</b>	<b>2 097</b>	<b>2 415</b>	<b>2 208</b>	<b>2 277</b>
	<b>Principales países</b>	<b>429 224</b>	<b>442 091</b>	<b>446 223</b>	<b>448 594</b>	<b>444 563</b>	<b>451 919</b>

Fuente: USDA-11 junio 2020

Elaboración: DGPA-DEEIA

Fuente: (MINAGRI, 2020)

A continuación, se presentan diferentes investigaciones relacionadas al arroz añejo.

## I. Antecedentes nacionales:

Martínez (2021), determino por medio del análisis de relación, precisando que sus parámetros óptimos del secado de arroz son de % de Humedad Inicial desde (22% a 27,6%), % de Humedad Final entre el (12.7% a 13.5%), % de Quebrado desde (12,6% a 37.6%) y el % de trizado de (0.6% a 5%)

Sánchez & Santisteban , (2021), mencionan que la humedad y la temperatura ayudan de forma decisiva retrasar o agilizar los fenómenos complicados de transformación bioquímica (sobre todo la "respiración" de los granos) que ocasionan la degradación de los granos de arroz. tienen además una influencia directa sobre el ritmo de crecimiento de los macroorganismos y de los insectos (levaduras, moho y bacterias) y sobre la germinación intempestiva y precoz de los granos.

Heinkel (2020), indica que el secado industrial, conocido también como secado artificial, emplea varios equipos de secado para simular el secado solar. Es útil al manejar grandes cantidades de arroz, ya que permite tener uniformidad en relación con la humedad final del lote y reduce la dispersión de humedad.

Cotrina (2019), presento un proyecto de investigación enfocado en el diseño de un prototipo portátil de secado del grano de arroz, abocado en las prioridades del pequeño productor de arroz de la región Lambayeque y así aumentar el precio de su producción, con la mejora del proceso de secado tradicional, alcanzando la humedad deseada en un menor tiempo.

Idrogo Baca (2019), indica que como resultado de realizar los análisis correspondientes, en el molino SUDAMERICA; se concluyó que el porcentaje de quebrado de arroz es de 5% y 6% del ingreso total del lote, debido al excesivo calor utilizado en el proceso de secado de arroz. Llegando hacer una pérdida importante para la empresa, por lo cual se debió mejorar el sistema de control para conseguir un producto de mejor calidad y disminuir las pérdidas.

Gaona & Torres (2017), indica si el proceso de secado del arroz es lento, el alto contenido de humedad permite que crezcan microorganismos , lo que resulta en un calentamiento de la masa y, como resultado, una degradación del producto .Por el contrario , si el arroz se seca rápidamente , se ariesga de que se dañe el grano en su cariósido por el excedente de calor .

Gabriel (2020), Este trabajo de investigación tuvo como objetivo la generación de energía calorífica para un sistema de secado, evitando la contaminación del grano de arroz generada por el proceso de la combustión y brindando la temperatura adecuada para el secado.

Huarac & Sáenz (2019), Menciona en su proyecto de investigación menciona el diseño de un regulador proporcional integral y derivativo de temperatura - PID, que proporciona un arreglo de tres parámetros: proporcional, integral y derivativo, que son  $K_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$ . Estos parámetros se utilizan para controlar la temperatura en un horno eléctrico .

Padilla (2017), Menciona que el sistema de control electrónico es sin duda una de las tantas herramientas disponibles actualmente para solucionar operaciones manuales de máquinas y procesos, y que la falta de este tipo de control puede resultar en importantes pérdidas económicas en muchas industrias.

Prada (2020), Menciona que, en el mundo actual, las empresas procesadoras de arroz tienen baja eficiencia en varios puntos del proceso, lo que resulta en una pérdida importante de materia prima; considerando que este problema es el factor más importante para mejorar los procesos actuales, se dispuso a establecer el diseño del sistema de control basándose en diferentes parámetros, lo que le permitió probar la funcionalidad del " sistema SCADA ".

Chancafe (2019), menciona que los sistemas automatizados se han convertido en un componente crítico para mejorar la competitividad



empresarial y optimizar los procesos de producción, lo que se traduce en importantes beneficios para las empresas.

Mejía burga Eliana, Mondragón cruz diana Petronila (2019), realizó un estudio con respecto al efecto de la temperatura y el tiempo de proceso empleado en el añejamiento de arroz artificial, enfocándose en sus características fisicoquímicas.

Uno de sus principales objetivos de su estudio fue de evaluar los efectos producidos por la temperatura y tiempo en el proceso artificial para obtener un arroz añejo similar al proceso natural.

El método que empleo en su investigación para determinar el efecto del añejado artificial fue el de comparar muestras de arroz en sus diferentes etapas (arroz pilado, arroz añejado de manera natural y arroz añejado de manera artificial); donde realizó diferentes pruebas como absorción de agua, pérdidas de sólidos solubles y elongación del grano, las diferentes pruebas las realizó con muestras de 3 procesos diferentes determinados por el tiempo y temperaturas a los que fueron sometidos (22 h, 16 h y 10 h) y (85°C, 75°C y 65°C), donde determino que el proceso de añejado artificial debería tener un control de temperaturas y tiempos automáticos para evitar desviaciones de los límites establecidos en las etapas del añejamiento artificial de arroz.

Con el estudio del autor nos ayuda a tener una idea clara como punto de partida en el manejo de temperaturas en las diferentes etapas del proceso de añejado artificial.

Figura 5. Capacidad de absorción de agua en %, alcanzada por el arroz cocido

Arroz Pilado Fresco	Arroz Añejado Naturalmente
0,547	168,4
0,672	170,1
0,631	167,8
0.617	168.77

Fuente: (MEJÍA BURGA & MONDRAGÓN CRUZ, 2020).

Pisfil (2021), realizó una investigación relacionada efecto de la temperatura y tiempo en el proceso de añejamiento de arroz con respecto a la calidad obtenida al finalizar el proceso , uno de sus principales objetivos fue evaluar la calidad del arroz extra (Nir) después de someterlo a un proceso artificial de añejado , teniendo como factores el tiempo y las diferentes temperaturas a las que fue sometido (23 h, 21 h y 19h) y (78°C , 75°C y 72°C).

El método que utilizo en su investigación fue del tipo cuantitativa ya que evaluó el tiempo y temperatura que emplea un arroz blanco en un proceso de añejado artificial, su investigación fue del tipo experimental de laboratorio.

El autor mediante su investigación determino un tiempo de añejado de 23 horas y temperaturas de 78°C, la cual le permitió conseguir las características necesarias organolépticas y físicas de un arroz añejo natural con rendimiento de cocción de 199%.

Figura 6 Análisis físicos antes del añejamiento.

**Resultados de los análisis físicos Antes de Proceso de Añejamiento Artificial.**

Tratamientos	Humedad (%)	Blancura (Kett)	GranoQuebrado (%)	GranoTizos (%)	Grano Manchado (%)	Rendimiento Cocción (%)	Varietal
1	11.4	37.5	4.4	4.0	1.0	170.0	Nir
2	11.0	37.7	4.0	4.0	1.0	172.8	Nir
3	11.7	37.0	4.7	4.0	1.0	170.6	Nir
4	12.0	37.5	4.0	4.7	0.5	175.5	Nir
5	12.0	37.5	4.0	4.1	0.8	170.3	Nir
6	12.0	37.0	4.0	4.5	0.5	175.5	Nir
7	12.5	37.8	4.5	4.0	1.0	173.8	Nir
8	12.0	37.6	4.0	4.3	0.5	175.5	Nir
9	12.0	37.0	4.0	4.0	0.8	170.8	Nir
10	12.7	37.0	4.7	4.8	0.6	172.6	Nir
11	12.0	37.5	4.0	4.2	0.6	172.6	Nir

Fuente: Pisfil (2021)

Figura 7 resultados del experimento

**Matriz de datos con resultados de Experimento**

Std	Run	Block	Factor 1 A:TIEMPO hr	Factor 2 B:TEMPERATURA °c	Response 1 HUMEDAD %	Response 2 BLANCURA %	Response 3 RENDIMIENTO %	Response 4 QUEBRADO %	Response 5 TIZA %	Response 6 MANCHA %
7	1	Block 1	21.00	72.00	10.8	34	192	6.4	7	2
6	2	Block 1	21.00	75.00	10	34.7	195	6	5	2.5
5	3	Block 1	19.00	72.00	10.7	34.5	190	6.7	6	2
11	4	Block 1	19.00	75.00	11	33	192	5	6.7	2.5
10	5	Block 1	23.00	78.00	11.5	34	198	5	5.1	1.8
3	6	Block 1	21.00	72.00	11	33.5	190	5	6.5	3.5
4	7	Block 1	19.00	78.00	11.5	34.8	192	5.5	6	1
2	8	Block 1	23.00	78.00	11	33.6	199	5	5.3	1.5
8	9	Block 1	19.00	75.00	11.5	33.5	192	6	6	3.8
9	10	Block 1	21.00	72.00	11.7	34.2	193	5.7	6.8	2.6
1	11	Block 1	23.00	72.00	11.2	33	190	5.5	6.2	2.6

Fuente: Pisfil (2021)

**II. Antecedentes internacionales**

Saltos (2018), indica que en el proceso de secado se logra la separación de agua del grano alcanzando patrones de humedad admitiendo el almacenamiento seguro de granos y además coadyuvar al proceso de industrialización del cereal.

Romero (2017), realizo una investigación para verificar la factibilidad de la adquisición de 6 añejadoras de arroz.

Su principal objetivo fue demostrar la factibilidad de adquirir 6 añejadoras de arroz, basándose en la demanda del producto, procedió a un estudio de mercado y un análisis financiero, utilizo un método semiexperimental debido que realizo una investigación de campo a través de la observación directa del proceso de añejamiento artificial de arroz.

Realizo un método descriptivo el cual presento, analizo y evaluó los resultados, describiendo el proceso de añejamiento artificial de arroz partiendo de la ficha de características de las maquinas adquirir detallando la inversión necesaria para la inversión de las 6 añejadoras.

También se enfocó en un método explicativo, que según Sampieri (2014), va más allá de la descripción de fenómenos o conceptos y que tiene como finalidad responder a todos los eventos físicos o sociales.

Por lo tanto, intenta explicar los motivos por lo que este producto de arroz añejo presenta una positiva demanda por parte de los clientes, así como las ventajas y beneficios que presenta con respecto a un proceso natural

Lo que el autor busco con su investigación fue generar un nuevo producto en el arroz añejo para poder competir en el mercado.

Con el análisis financiero que realizo le permitió conocer la rentabilidad de su proyecto ya que estimo un tiempo de recuperación de inversión de 2 años 9 meses.

Lo que concluye que es factible adquirir añejadoras de arroz para ser más competitivos en el mercado.

QUINGATUÑA & SIGCHA , (2013); realizaron una investigación centrada en el diseño y construcción de un prototipo de 40 kg para envejecer arroz, los investigadores tienen como objetivo diseñar Un prototipo para envejecer el arroz de manera artificial, ya que su principal problema es el alto porcentaje humedad del arroz al momento de ser cosechado y por ende el precio del arroz es sumamente bajo, lo que

tienen como objetivo es elevar el precio del arroz mediante el proceso de añejado artificial , ya que mejora las cualidades del producto y en un menor tiempo.

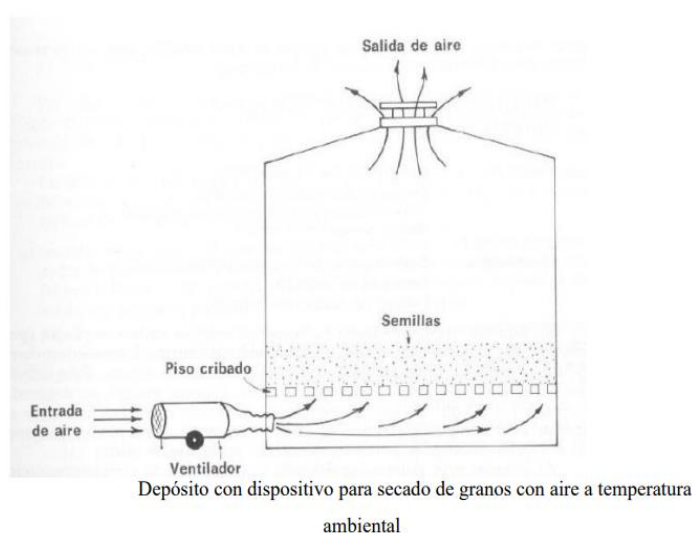
Los investigadores para poder realizar su prototipo para envejecer el arroz tienen en cuenta las variedades y tipos de arroz, así como el lugar donde se cosecha ya que todos los arroces no presentan las mismas cualidades físicas químicas.

Los investigadores se enfocan en lograr obtener un arroz de mejor calidad a través del proceso de añejamiento, el cual se plantean lograrlo a través de un proceso de cambio controlado de temperatura que ayude a disminuir la humedad del arroz.

Los investigadores se basan en estudio agronómico del arroz, así como también en el análisis de los mecanismos que conformarían el prototipo.

Indican también que, mediante secado del grano de manera natural, almacenarlo en silos y circulación de aire mediante conductos de manera forzada a temperatura ambiente con la intervención de ventiladores, además de que este proceso presenta muchas desventajas (dependencias de condiciones climáticas, tiempo demasiado prolongado de secado, peligro de ataques de hongos, etc.)

Figura 8 Secado con aire a temperatura ambiente



Fuente: Quingatuña, Sigcha (2013)

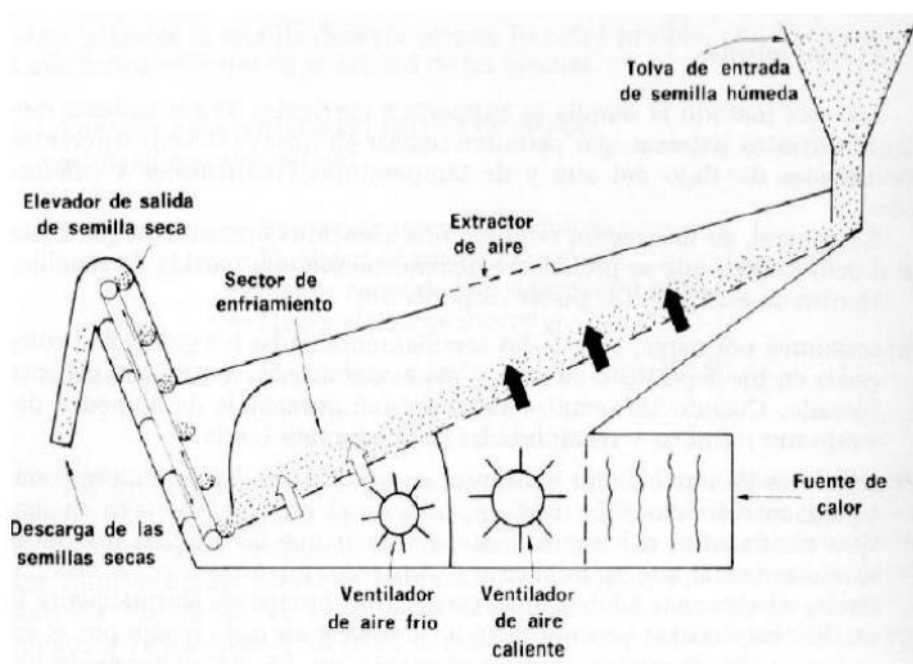
También realizaron una investigación de secado de movimiento continuo, mediante en el cual el proceso se trata de mantener en movimiento de manera continua los granos de arroz en dirección horizontal, vertical o inclinada, pero en sentido contrario al aire caliente.

Las semillas más secas se sitúan al área con el aire más seco y más caliente.

Semillas más húmedas se sitúan en el área con mayor humedad y el aire más tibio.

Este sistema presenta algunas desventajas (mayor riesgo de incendio, mayor posibilidad de secado excesivo, supervisión controlada, costo inicial elevado).

Figura 9 Secado movimiento continuo



Fuente: Quingatuña, Sigcha (2013)

El proceso inicial en la elaboración de arroz según la investigación de los autores, consiste en secar el grano, luego pasa por un proceso de retirar

la cascara externa y el germen tratando de hacer el mínimo de roturas, mediante el cual se obtiene un arroz blanco y brillante y de buen aspecto.

Al pasar también por este proceso origina unas pérdidas desde el punto de vista nutritivo, por ende, el envejecimiento para mejorar la calidad del mismo.

Matamoros & Chichande (2021), Los sistemas de control tienen la propiedad de estar presentes en todos los ambientes ya que son el conjunto de elementos que influyen directamente en un resultado.

Blanco (2018), menciona que la innovación de un equipo o un producto en un país es un proceso marcado por la creatividad, necesidades y exigencias del cliente.

Santiago & Sotelo (2019), demostró la factibilidad tecnológica del proyecto, considerando tanto la adquisición nacional de maquinarias en el interior del país como la importación. Asimismo, se estableció una capacidad instalada de 5.973.806,1 kg de arroz, alcanzando un porcentaje en el último año de 88, 7%.por último se concluye que la instalación de una planta procesadora de arroz añejo es social, técnica, y económicamente factible ya que se dispone con la tecnología necesaria y con el mercado de Lima en amplio crecimiento.

Fernández, Díaz, Morejón, & Domínguez, (2019), el proceso de secado de granos y de cualquier sólido higroscópico, se basa en forzar el desplazamiento del agua desde el interior del grano hacia el ambiente el mismo puede tener lugar de forma industrial o de forma natural, además de prestar mucha atención a la temperatura que el grano alcanza durante el proceso de secado ya que es esencial para precisar si el mismo mantiene la calidad inicial.

Mata (2018), menciona que para determinar la calidad de un producto se ejecutan pruebas o inspecciones de muestreo para determinar que las características de los granos sean excelentes. garantizar que el proceso productivo esté totalmente bajo control y funcionando en todo momento

bajo las condiciones pre-establecidas, comprobado constantemente las propiedades técnicas del producto que aseguren la calidad.

Allameh (2021), menciona que, al instante de la cosecha, el arroz a menudo posee un contenido de humedad mayor al 20% en el momento. Este porcentaje de humedad que los granos poseen ocasionan el daño de las semillas y las vuelve frágil a insectos, microorganismos y otras plagas. Como resultado, el porcentaje de humedad que posee el grano debe conservarse a un cierto nivel para proteger la calidad de la semilla. En el transcurso del proceso de secado artificial se necesita una temperatura de aire de secado apropiada hasta el porcentaje de humedad final requerido. En esta investigación, los granos de arroz apenas cosechados (cultivar Hashemi) se secaron artificialmente mediante una secadora industrial de recirculación con tres temperaturas diferentes de aire (48, 42 y 37 °C) incluso dos contenidos de humedad finales (14 y 12% b.h.).

Alvarez, Garcia, Reyes, Acevedo, & Torres (2019), menciona que el componente mas importante es la humedad del grano, el cual debe ser controlado tanto antes y como después de la cosecha, ya que determina la calidad del grano. También recomienda que la cosecha se realice a humedades de 25% y 18% Para obtener un mayor rendimiento industrial.

Miranda Delgado (2020), indica que el proceso de secado natural no ayuda a eliminar la humedad del grano de forma adecuada, razón por la cual llevo a cabo un estudio, que tras el resultado pudo diseñar un equipo de secado de granos adecuado mediante el análisis de elementos que están relacionados con el secado de granos.

Hernández, Torres, & Moreno (2020) , su estudio se enfoco en producir energía calorífica mediante el quemado de la cascarilla de arroz, en este caso la energía generada se utilizo para generar aire caliente, que posteriormente se utilizo en el proceso de secado artificial de arroz en cascara lo que redujo los costos de operación y producción y mejoro el impacto ambiental.



Delgado, Peralta, Arevalo, & Avila, (2019), indican que el proceso de secado industrial es uno de los procesos de mayor consumo de energía a nivel agroindustrial.

Tello (2017), indica que la temperatura es un parámetro más flexible a lo largo del proceso de secado , y que tendrá un impacto significativo en la eficiencia del proceso de secado y , en consecuencia , en la calidad del producto. Las temperaturas de secado que son demasiado altas, junto con el flujo de aire , pueden causar daños termicos al grano que se está secando.

Castillo & Aristizabal, (2019), Menciona que la optimización de los procesos agrícolas se ha convertido en una necesidad apremiante, ya que el aumento de la demanda de productos requiere una mayor producción de esos productos, como lo demuestra la necesidad de modernizar el proceso de secado industrial de gránulos de cacao, que es el más costoso e importante para la obtención de un producto final de alta calidad.

Casiello, y otros, (2019), menciona que el proceso artificial de secado genera una transformación del grano, y es uno de los procesos que mayor atención necesita para evitar la calidad del producto.

Morán (2017), En este trabajo de investigación el autor consideró elaborar un prototipo de secadora de granos, que le permite desarrollar el mejor secado de granos con fines de investigación y al mismo tiempo satisfacer la demanda de alimentos a diferencias de otros procesos de temperaturas altas y que afectan la calidad del producto.

Lorenzana (2018), indica que el diseño de un horno se adecúa a capacidad y forma, pero no es lo único a considerar al elegir un modelo, tanto la fuente de energía que lo alimenta como el rango de temperatura que puede alcanzar tiene un papel importante en si el proceso es eficiente o no.

Garido (2020), indica que actualmente el horno eléctrico se usa cada vez más en competencia con el calentamiento a través de la combustión de combustibles líquidos, gaseosos o sólidos. Dentro del ámbito del calentamiento eléctrico, los métodos más comunes son: resistencia eléctrica, arco e inducción, sin mencionar los métodos menos conocidos como el láser, plasma o haz de electrones.

García & Orozco (2021), indica que el horno de arco eléctrico puede sustituir a los quemadores de combustibles por electrodos conectados a la corriente eléctrica, actualmente el horno de arco eléctrico se utiliza especialmente para fundir acero (chatarra), aceros aleados entre otros.

(Duarte & Vargas (2018), menciona que los hornos industriales están fabricados especialmente para fundir o calentar piezas a distintas temperaturas, trabajándolos en su interior muy por encima de la temperatura ambiente; Dependiendo de cómo se obtenga el producto deseado , estos producirán reacciones químicas .También es posible manipular térmicamente un material para impartirle ciertas propiedades , ablandar los materiales para una posterior operación de conformación , y volver a ensamblar las piezas con diferentes materiales.

Bulnes (2020), indica que los hornos eléctricos se fabrican desde la década de 1920 y tienen tres características clave que los convierten en una mejor opción: seguridad para los trabajadores , homogeneidad y control de procesos , y bajas emisiones contaminantes .Por estos motivos, la propuesta del horno emplea resistencias y controladores.

Rojas, Prado, Zambrano, & Carvajal (2021), la optimización de los hornos de arco eléctrico se ha realizado principalmente mediante modelos basados en técnicas de control inteligente , siendo la técnica red neuronal artificial (ANN) la de mayor uso en este campo .

Caiza (2017), Con el avance del horno eléctrico y la optimización del proceso operativo, se ha hecho posible reducir el consumo de energía eléctrica y al mismo tiempo el tiempo de funcionamiento.

Vargas (2018), Cuando cambia la temperatura de un cuerpo, también cambian sus propiedades físicas y químicas, y tiende a volver a su estado original. Sin embargo, si queremos cambiar las propiedades de un cuerpo de forma artificial y controlada, necesitaremos un sistema cerrado en condiciones semi-ideales.

Cumba (2019), la circulación de aire por convección es crítica para mantener una temperatura constante dentro del horno.

Ascanio & Arza (2018), Con el uso de la tecnología, la creación de un diseño se convierte en una opción viable para el desarrollo y crecimiento empresarial, y contribuye al desarrollo económico regional.

Quiroz & Villacís (2020), Los autores de este proyecto se están enfocando en la implementación de un sistema de control automático para cocinar, secar y ahumar embutidos, el cual es crítico para mantener el tiempo y la temperatura y los niveles de humedad. También es fundamental considerar el correcto funcionamiento del sistema, ya que los procesos llevados a cabo por los hornos en la línea de producción deben ser consistentes.

Suarez (2019), menciona que los hornos de resistencia. Son dispositivos que se utilizan para calentar las piezas colocadas en su interior transfiriendo calor a través de la radiación generada por su resistencia óhmica. A menudo se utilizan con materiales que tienen un punto de fusión bajo, sin embargo, algunos pueden alcanzar temperaturas superiores a los 1.500 grados Celsius.

Morales & Quispe (2022), Menciona la importancia de contribuir con el diseño de un horno a gas, ya que ayudará a reducir el tiempo de cocción y optimizar el consumo de energía cumpliendo con los estándares de calidad y medio ambiente.

Quenta & Hanco (2019) , mencionan que el control automático se ha convertido en una característica significativa y vital de los procesos industriales y de fabricación .Por ejemplo, el control automático es crítico en operaciones industriales como presión, temperatura , humedad,

viscosidad y flujo en las industrias de procesos , y el manejo de maquinaria y armado de partes mecánicas en las industrias manufactureras , entre muchas otras.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de Investigación.**

Tipo de investigación: El actual proyecto de investigación se considera del tipo descriptivo-aplicativo, porque se describe y analiza el diseño de una maquina para el proceso de añejamiento de arroz..

Diseño de la investigación: Se enmarca dentro del método científico, cuantitativo, ya que se calcularán el dimensionamiento de la maquina ,tambien se efectuarán los cálculos para cuantificas el balance de masas y balance energético. Se consideró diseño experimental.

#### **3.2. Variables, operacionalización.**

Variable independiente: Diseño de una máquina con control automatico.

Villada, Hincapié , & Henao (2017), menciona que la aplicación del diseño de ingeniería es la generación y evaluación sistemática e inteligente de las especificaciones para los artefactos cuya forma y funcionamiento alcanzan los objetivos planteados y satisfacen las restricciones especificadas.

Variante dependiente: Añejamiento de arroz.

Pisfil (2021) ,menciona que el arroz envejecido o añejo, es un grano que ha sido guardado por un tiempo prolongado y que ha presentado alteraciones en sus propiedades físicas químicas causando un efecto positivo sobre la calidad del arroz.

**Definición operacional:**

Tabla 1 Matriz operacional de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <p>Diseño de una máquina con control automático</p>	<p>El diseño de ingeniería es la generación y evaluación sistemática e inteligente de las especificaciones para los artefactos cuya forma y funcionamiento alcanzan los objetivos planteados y satisfacen las restricciones especificadas (Villada, Hincapié, &amp; Henao, 2017).</p>	<p>Atraves de los parametros requeridos para poder obtener arroz añejo, se podra obtener de forma experimental , utilizando la tecnica de analisis de documentación, se podra determinar la tempearatura, flujo de aire y potencia necesaria de instalación.</p>	<p>Diseño de ingeniería</p> <p>Funcionamiento</p>	<p>Temperatura °c</p> <p>Potencia kw</p> <p>Costo de diseño y construcción.</p> <p>Costo de operación.</p>	<p>Razón</p>

Fuente: elaboración propia

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <p>Añejamiento de arroz.</p>	<p>El arroz envejecido o añejo, es un grano que ha sido guardado por un tiempo prolongado y que ha presentado alteraciones en sus propiedades físicas químicas causando un efecto positivo sobre la calidad del arroz (Pisfil, 2021).</p>	<p>Los parametros que se utilizan para medir el arroz añejo(humedad, blancura, etc),se obtendran de forma experimental empleando la tecnica del analisis de documentación ya que se cuenta con estudios previos al proceso de añejado artificial.</p>	<p>Propiedades Físicas químicas del arroz</p> <p>Calidad del producto</p> <p>Tiempo de añejado.</p>	<p>% Humedad Blancura</p> <p>Valor nutricional Sabor del producto</p> <p>Horas de añejado.</p>	<p>Razón</p>

### 3.3. Población , Muestra y Muestreo.

#### 3.3.1. Población

Para la actual investigación se obtuvieron 34 documentos nacionales e internacionales no mayor a 10 años referente al añejado de arroz, entres tesis y artículos de revisión, los cuales serán objeto de estudio y análisis como sustento del presente trabajo de investigación, los documentos fueron recopilados de fuentes confiables como Google académico, scopus , repositorios de universidades, etc.

#### 3.3.2. Muestra.

La muestra serán 4 documentos seleccionados mediante la fórmula propuesta por Murray y Larry (2005).

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2(N - 1) + Z^2 \sigma^2}$$

n = tamaño de la muestra a obtener

N = población total.

$\sigma$  = es la desviación estándar de la población. En caso de no conocer este dato, tomar el valor constate de 0.5.

Z = indica el nivel de confianza. Por lo general se tienen dos valores dependiendo el grado de confianza que se desee obtener siendo 99% el valor más alto (este valor equivale a 2.58) y 95% (1.96) el valor mínimo aceptado para admitir la investigación como confiable.

e = es el límite admisible de error muestral, regularmente va del 1% (0.01) al 9% (0.09), siendo 5% (0.5) el valor más usado en las investigaciones.

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5^2 \times 34}{0.5^2(34 - 1) + 1.96^2 \times 0.5^2}$$

$$n = 3.54$$

### **3.3.3. Muestreo**

El muestreo del actual proyecto de investigación, será un muestreo no pro balístico intencional donde predomina el criterio del investigador, en el muestreo se tomará en cuenta el problema principal que es el arroz añejo.

### **3.3.4. Unidad de análisis.**

Será con respecto al arroz añejo.

## **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

### **Técnica.**

Análisis de documentos: Esta técnica permitirá la recopilación de información literaria y técnica acerca del proceso de añejado de arroz, beneficios económicos y sociales.

### **Instrumento.**

Guía de análisis de documentos.

Los datos a recolectar son los siguientes.

Temperatura °C

Potencia en kW.

Flujo de aire.

Humedad de arroz %

### **Validez y confiabilidad:**

Se enviará a expertos para que validen el instrumento, el cuadro de Operacionalización, además de la guía de análisis del documento.

El actual proyecto de investigación se basó en un instrumento ya usado por otros autores que realizaron estudios relacionados al tema. La propuesta actual en esta investigación está revisada por expertos para comprender la correcta interpretación y tratamiento detallado del proceso metodológico de los resultados obtenidos en la investigación.



### **3.5 Procedimientos.**

Para la toma de datos se recopilarán documentos de fuentes confiables, que nos servirán como base para nuestro diseño y poder alcanzar los objetivos propuestos.

Los documentos seleccionados se harán de forma no aleatoria, se aplicará un método no probabilístico intencional, ya que se escogerán los documentos a criterio del autor, se seleccionarán los documentos que más beneficien a la presente investigación.

Se realizaron las coordinaciones con la jefatura de la empresa, donde se desarrollará el proyecto de investigación.

### **3.6. Método de análisis de datos.**

El método que se utilizará para el análisis de datos, se hará a través de plasmarlo en tablas y gráficos comparativos la información seleccionada. Se presentarán los resultados de la investigación en el orden de los objetivos específicos del proyecto de investigación.

### **3.7. Aspectos éticos.**

En el actual proyecto de investigación se considera como aspecto ético el respeto a la propiedad intelectual, el agradecimiento y respeto a la empresa por las facilidades prestadas para la realización de la investigación. Al emplear el instrumento de recolección de datos se mantendrá su privacidad de identidad.

El presente proyecto se someterá ante un software anti plagio para demostrar la autoría del mismo.

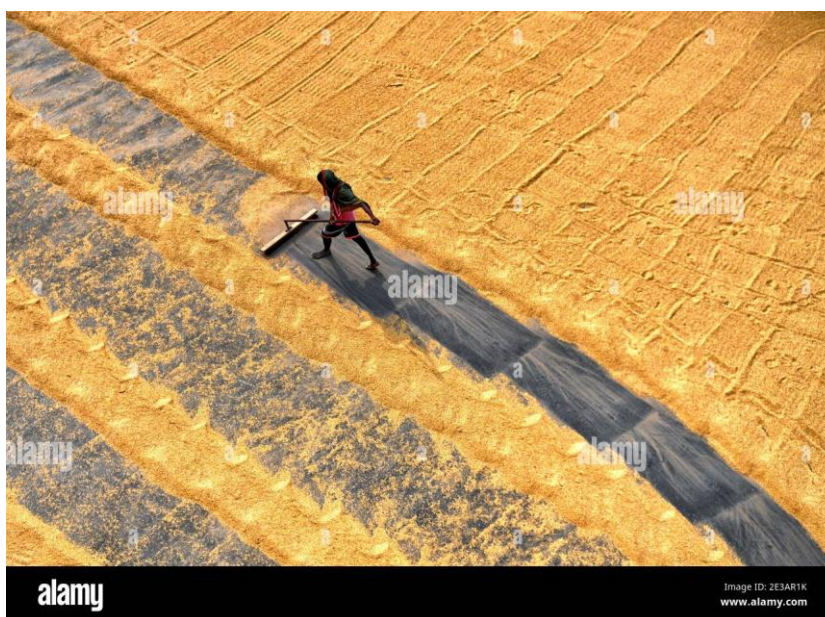
## IV. RESULTADOS .

### 4.1 Investigar procesos relacionados al añejamiento de arroz, para poder presentar un diseño alternativo que disminuya los tiempos del proceso sin alterar la calidad del producto:

Los distintos tipos de procesos de añejado de arroz se pueden organizar o clasificar en función de una variedad de factores, como por ejemplo el flujo del producto a través de la máquina o la temperatura de añejado a la que está siendo sometido:

**4.1.1 Método natural:** en este procedimiento se realiza una vez el arroz ha pasado por el proceso de pilado, luego se procedo almacenarlo en silos para conservarlo por un año mediante el cual cambia sus propiedades fisio químicas, en lo que se obtendrá un mejor producto al momento de la cocción.

Figura 10 Secado artesanal de arroz



Fuente:(Alamany, 2021)

**4.1.2 Método artificial:** es un método donde se necesita un mayor control, ya que se utiliza una máquina que mediante la transferencia de calor se logra obtener un proceso de oxidación del arroz sometiendo a temperaturas diferentes a la del ambiente, logrando obtener un porcentaje de humedad menor al 12.5%.

Figura 11 Añejadora artificial de arroz



Fuente: (INDUHORST, 2022)

**4.1.2.1** Arroz añejado por horno eléctrico: este es un proceso que su producto final tiene características similares al del proceso natural. Resultado que se da por el proceso al que está sometido a altas temperaturas por encima la del ambiente mediante un horno eléctrico, lo que posteriormente se logra disminuir la humedad del grano de arroz hasta alcanzar la requerida, menor o igual al 13%.

Este proceso se realiza después de que el arroz paso por el proceso de pilado, que consiste en el retiro de la cascarilla y pulimiento del mismo.

**4.1.2.2** Arroz añejado por intercambiador de calor: este proceso tiene una particularidad de que la energía utilizada es producida por una llama de gas, por el cual calienta el aire que posteriormente es impulsado por una turbina de tal manera que el flujo del aire es homogéneo en todas las partes de las máquinas.

Este proceso requiere de un mayor control de temperatura que será dada por el sistema de supervisión y control (PLC, Variador de frecuencia).

Tabla 2 Comparación de procesos

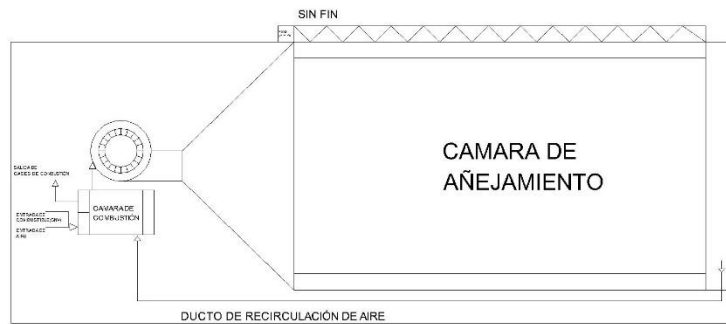
Selección del proceso de añejamiento.

Descripción	Horno eléctrico	Intercambiador de Calor (gas natural)
Tiempo de envejecimiento	12-18 horas	18-24 horas
Calidad del producto	buena	buena
Costo de construcción	elevado	bajo
Costo de operación	elevado	bajo
Costo de mantenimiento	elevado	bajo
Control de Temperatura	bueno	bueno

En este caso optaremos por el intercambiador de calor, ya que contamos con una empresa suministradora de gas natural (Quavii) cerca a los molinos de Lambayeque.

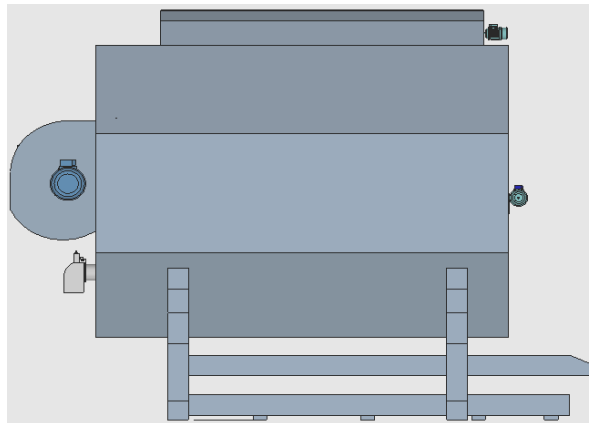
## 4.2 cálculo y selección de los componentes mecánicos de la máquina: cálculo y selección de los componentes mecánicos de la máquina.

Figura 12 Diseño 2D del prototipo



Fuente: elaboración propia

Figura 13 Diseño 3D del prototipo



Fuente: elaboración propia

- 4.1** Dimensionamiento del área de añejado del grano de arroz.  
Se dimensionará el volumen que ocupa el arroz dentro de la cámara de añejado.

Figura 14 Referencia de peso del arroz

No. Pruebas	Recipiente (lt)	Peso Kg.
1	1	0.892
2	1	0.890
3	1	0.887
4	1	0,893
Promedio		<b>0.890</b>

Fuente: (QUINGATUÑA GALLARDO & SIGCHA CUNALATA, 2013)

Determinar el volumen del arroz que ocupara dentro de la cámara de añejamiento.

$$1 \text{ lt} = 1000 \text{ cm}^3 = 0.890 \text{ kg}$$

Va = volumen del arroz

$$Va = \frac{14500 \text{ Kg} \times 1000 \text{ cm}^3}{0.890 \text{ Kg}}$$

$$Va = 16292134.83 \text{ cm}^3$$

$$Va = 16292134.83 \text{ cm}^3 \frac{1 \text{ m}^3}{1000000 \text{ cm}^3}$$

$$Va = 16.29 \text{ m}^3.$$

A este resultado agregamos un factor de corrección de 2.9% que serían 400kg más de reserva, tendríamos un volumen de arroz total de 16.76 m<sup>3</sup>.

Determinamos el volumen de los ductos de calor

Tubos redondos de 1 1/2" de diámetro y 6 metros de longitud

Tubo de 1 1/2" es igual a 4.83cm

$$V = Ab * h$$

$$Ab = \pi r^2$$

$$Ab = 3.1416(2.415 \text{ cm})^2$$

$$Ab = 18.32 \text{ cm}^2$$

$$V = Ab * h$$

$$V = 18.32 \text{ cm}^2 * 600 \text{ cm}$$

$$V=10992 \text{ cm}^3$$

$$V=10992 \text{ cm}^3 * \frac{1 \text{ m}^3}{1000000 \text{ cm}^3}$$

$$V=0.010992 \text{ m}^3$$

$$\# \text{ tubos}=12.23 \text{ m}^3.$$

$$\# \text{ tubos}=1021$$

$$V_d=11.23 \text{ m}^3.$$

Determinamos la dimensión de la cámara de añejamiento

$$V_c=V_a + V_d$$

$$V_c= 16.76 \text{ m}^3 + 11.23 \text{ m}^3$$

$$V_c= 27.99 \text{ m}^3.$$

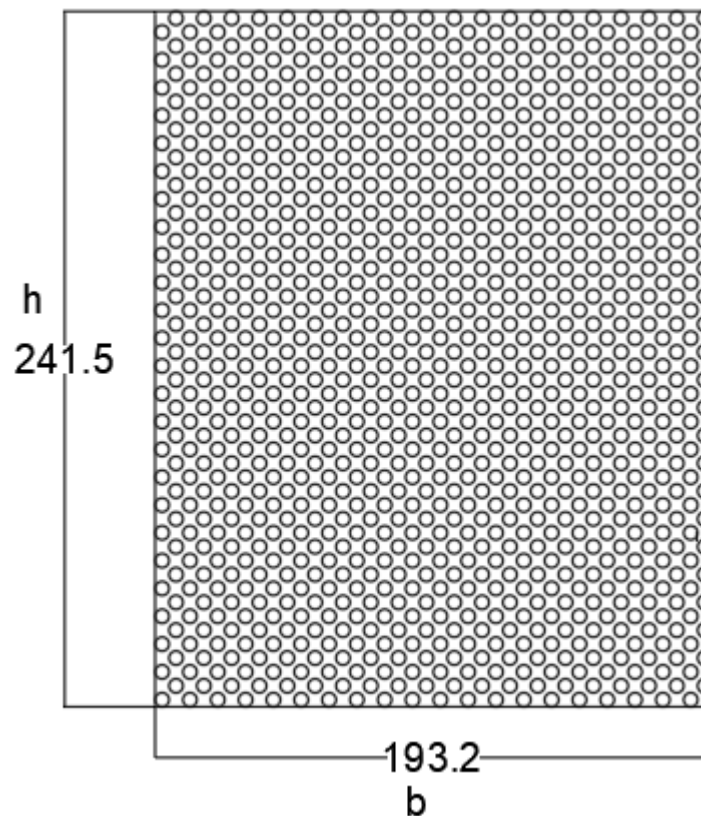
Donde:

$V_c$ = volumen de la cámara de añejamiento (donde reposa el arroz para el proceso de añejado)

$V_a$ = volumen del arroz

$V_d$ = volumen de los ductos de calor (sistema por donde se realizará la transferencia de calor hacia el grano)

Figura 15 Distribución de tuberías



Fuente: elaboración propia.

Volumen de la cámara de añejamiento

$$V_C = 1.932\text{m} * 2.415\text{m} * 6\text{m}$$

$$V_C = 27.99\text{m}^3.$$

#### 4.2 Cálculo de la energía necesaria para el sistema.

Cálculo de la energía que se necesitara para elevar la temperatura, para poder evaporizar la humedad del grano.

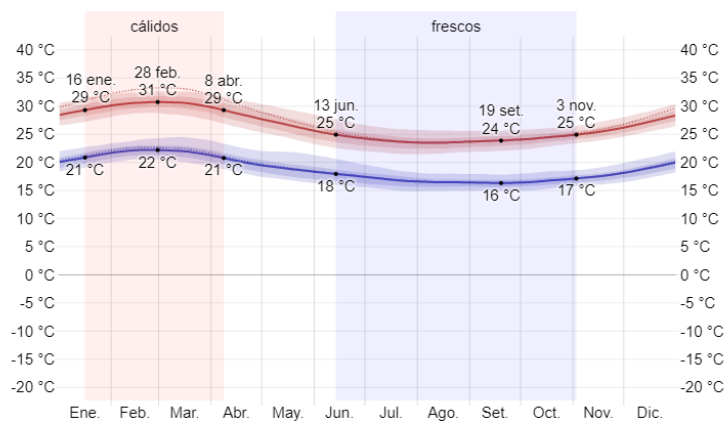
Masa total del producto =10000 kg.

Propiedades de aire a 1 atm.

Tabla 3 Temperatura de añejado

Presión en el recipiente	Temperatura de Añejamiento de grano de arroz	Temperatura ambiente
1atm=101.325 KPa	78C°	27°C

Figura 16 Promedio de temperatura en Lambayeque



Fuente: (Weather rpark, 2022)

$$Q = m * CpA * T2 - T1$$

Q = Calor de transferido al arroz (KJ)

CpA = Calor especifico del arroz en (KJ/Kg °C)



## Figura 17 Promedio de calor específico de arroz pilado

Cuadro 6. Calor específico, Conductividad térmica y Difusividad térmica de arroz paddy en función del contenido de humedad del grano.

Humedad Grano % b.h.	Calor específico Kcal/kg °C	Conductividad térmica Kcal/m h °C	Difusividad térmica m <sup>2</sup> /seg
10.0	-	-	0.395 * 10 <sup>-7</sup>
11.2	0.398	-	-
11.5	-	0.113	-
13.0	-	-	0.374 * 10 <sup>-7</sup>
14.2	0.415	-	-
14.4	-	0.116	-
16.0	-	-	0.356 * 10 <sup>-7</sup>
16.5	-	0.118	-
17.1	0.451	-	-
18.8	0.462	-	-
19.8	-	0.120	-
22.1	0.485	-	-
28.7	-	0.127	-

Fuente: (Muñoz C., 1990)

$$\begin{array}{l} 14.2 \text{ — } 0.415 \\ 12 \text{ — } X \\ 11.2 \text{ — } 0.398 \end{array}$$

$$\frac{14.2 - 11.2}{14.2 - 12} = \frac{0.415 - 0.398}{0.415 - x}$$

$$\frac{3}{2.2} = \frac{0.017}{a}$$

$$0.415 - x = 0.0124$$

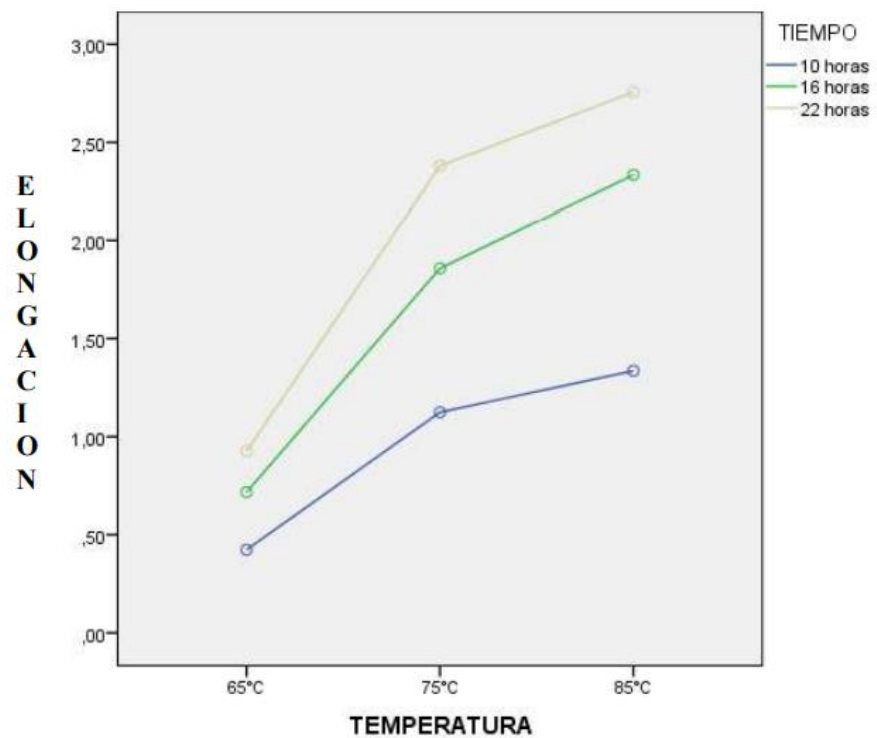
$$0.402 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} = x$$

m = masa de arroz en (Kg.)

T1 = Temperatura del ambiente promedio (°C)

T2 = Temperatura de añejamiento. (°C)

Figura 18 Temperatura de añejado



Fuente: (MEJÍA BURGA & MONDRAGÓN CRUZ, 2020)

$$Q = m * CpA * (T2 - T1)$$

$$Q = 14500Kg \left( \frac{0.402Kcal}{KG^{\circ}C} \right) (85 - 27) ^{\circ}C$$

$$Q = 14500Kg \left( \frac{0.402Kcal}{KG^{\circ}C} \right) 58^{\circ}C$$

$$Q = 338082 Kcal$$

$$1Kcal=4.1868KJ$$

$$Q = 1415481.71 KJ.$$

Tasa de transferencia de calor en watts

$$1 W = 1 J/s$$

$$q = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$q = \frac{1415481.71KJ}{18H} * \frac{1H}{3600S}$$

$$q = \frac{1415481.71KJ}{18H} * \frac{1H}{3600S}$$

$$q = \frac{21.84KJ}{S}$$

$$q=21.84 KW.$$

Donde:

$q$  =transferencia de calor (w)

$\Delta t$ = tiempo del proceso de añejamiento

#### 4.3 Cálculo de la potencia del quemador

La potencia del quemador será tomada con respecto a la transferencia de calor necesaria en watts.

Potencia del quemador tendrá que estar en el rango de 21.84kw.

Figura 19 Calentador de aire

BTG	Modelo	Clase emisiones	Reg.	P mín. kW	P máx. kW	Código	PVP €
	BTG 3	2	1	16,6	42,7	17000010	673,00
	BTG 3,6 P	2	2	16,3	41,9	17030010	1.037,00
	BTG 6	2	1	30,6	56,3	17040010	746,00
	BTG 6 P	2	2	30,6	56,3	17050010	1.073,00
	BTG 11	2	1	48,8	99	17060010	801,00
	BTG 11 P	2	1	35	115	17070010	1.128,00

Fuente: (baltur, 2020)

#### 4.4 Cálculo de la densidad del aire para la transferencia de calor dentro de los tubos de inyección de aire caliente.

Figura 20 Gas constante del aire

TABLA A-1

Masa molar, gas constante y calores específicos de ciertas sustancias

Sustancia	Masa molar $M$ , kg/kmol	Gas Constante $R$ , kJ/kg · K*	Calores específicos a 25°C		
			$c_p$ , kJ/kg · K	$c_v$ , kJ/kg · K	$k = c_p/c_v$
Aire	28.97	0.2870	1.005	0.7180	1.400

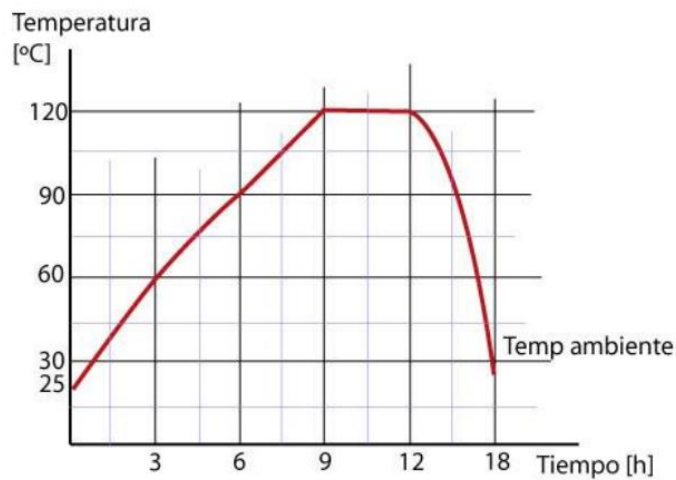
\*La unidad  $\frac{KJ}{KG \cdot K}$  es equivalente a  $KPa \frac{m^3}{kg \cdot K}$

Fuente: (YUNUS A., 1995)

Tabla 4 Constante del aire

Presión	Constante del aire	T. dentro del tubo
101,325 (KPa)	0.2870(KPa*m <sup>3</sup> /kg °k)	120°C=393.15°K

Figura 21 Temperatura del aire



Fuente: (QUINGATUÑA GALLARDO & SIGCHA CUNALATA, 2013)

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T}$$

$\rho$  = Densidad del aire dentro del tubo

$P$  = Presión dentro del tubo

$R$  = Constante universal de los gases

$T$  = Temperatura absoluta

$$\rho = \frac{101.325 \text{ KPa}}{0,287 \text{ KPa} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (120 + 273.15) \text{ }^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 0.898 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.5 Cálculo del área de la tubería para la transferencia de calor

Figura 22 Dimensiones de tubos

Dimensiones de tubos comerciales						
Diámetro nominal	Diámetro externo		Diámetro interno		espesor	
	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.
1"	1.000"	25.40	0.842"	21.40	0.078"	2.00

Fuente: (Holman, 1999)

$$A_{\text{Cir inte}} = \pi \cdot r_i^2$$

$$A_{\text{Cir inte}} = \pi \cdot (0,0107\text{m})^2$$

$$A_{\text{Cir inte}} = 3,59 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

$A_{\text{Cir inte}}$  = Área del tubo.

$r_i$  = Radio del tubo

**4.6** Cálculo del flujo de masa necesaria de aire para la transferencia de calor

$$m = \rho * \mathcal{V} * ACir . inte .$$

$$m = 0,898 \frac{kg}{m^3} * 10 \frac{m}{s} * 3,59 \times 10^{-4} m^2$$

$$m = 0,00322 \frac{kg}{s}$$

$m$  = Flujo másico del aire

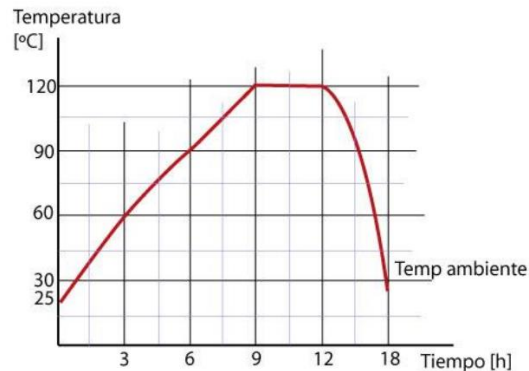
$\rho$  = Densidad del aire

$ACir . inte .$  = Área interior total

$\mathcal{V}$  = Velocidad media

**4.7** Transferencia de calor en el centro del tubo.

Figura 23 Temperatura de aire



Fuente: (QUINGATUÑA GALLARDO & SIGCHA CUNALATA, 2013)

Tabla 5 Viscosidad del aire

Viscosidad dinámica del aire a 120°C
$2.264 \times 10^{-5} kg/m s$

**Fuente:** (YUNUS A., 1995)

Reynolds proporciona el criterio para el régimen de flujo el cual se define como:

$$Re_D = \frac{4m}{\pi * Di * u}$$

$$Re_D = \frac{4(0.00322 \frac{kg}{s})}{3.1416 * 0.0443m * 2.264 \times 10^{-5} kg/m s}$$

$$Re_D = 4087.75$$

Donde

$D_i$  = Diámetro interno del tubo

$\mu$  = viscosidad del líquido (kg/m. s)

$\dot{m}$  = gasto del flujo másico (kg/s)

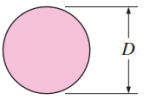
$Re_D$  = Numero de Reynolds

Constantes para  $Re_D$  está entre 4000-40000 donde se obtiene las constantes.

Figura 24 Numero de nusselt

**TABLA 7-1**

Correlaciones empíricas para el número de Nusselt promedio, para convección forzada sobre cilindros circulares y no circulares en flujo cruzado (tomado de Zukauskas, Ref. 14, y Jakob, 1949)

Sección transversal del cilindro	Fluido	Rango de Re	Número de Nusselt
Círculo 	Gas o líquido	0.4-4	$Nu = 0.989Re^{0.330} Pr^{1/3}$
		4-40	$Nu = 0.911Re^{0.385} Pr^{1/3}$
		40-4 000	$Nu = 0.683Re^{0.466} Pr^{1/3}$
		4 000-40 000	$Nu = 0.193Re^{0.618} Pr^{1/3}$
		40 000-400 000	$Nu = 0.027Re^{0.805} Pr^{1/3}$

Fuente: (YUNUS A., 1995)

$$C = 0.193$$

$$m = 0.618$$

Tabla 6 Numero de prandtl

Numero de prandtl (Pr) del aire a 120°C
0.7073

Fuente: (YUNUS A., 1995)

$$Nu_D = C * Re_D^m * Pr^{1/3}$$

$$Nu_D = 0.193 * 4087.75^{0.618} * 0.7073^{1/3}$$

$$Nu_D = 29.33$$

Donde:

$N_{uD}$  = Numero de Nusselt medio

$R_{eD}$  = Numero de Reynolds medio

$Pr$  = Numero de Prandtl

Tabla 7 Conductividad térmica del aire

Conductividad térmica del aire (k) del aire a 120°C
$0.03235 \frac{W}{m^{\circ}k}$

Fuente: (YUNUS A., 1995)

$$N_{uD} = \frac{Di * \bar{h}}{k}$$

$$\bar{h} = \frac{N_{uD} * k}{Di}$$

$$\bar{h} = \frac{29.33 * 0.03235 \frac{W}{m^{\circ}k}}{0.0443m}$$

$$\bar{h} = 21.41 \frac{W}{m^2 \cdot k}$$

Donde:

$\bar{h}$  = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

$Di$  = Diámetro del tubo.

$k$  = Conductividad térmica.

#### 4.8 Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\bar{h} * \frac{r_2}{r_1}} + \frac{r_1 * \ln(\frac{r_2}{r_1})}{k} + \frac{1}{\bar{h}}}$$

Fuente: (YUNUS A., 1995)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{21.41 \frac{W}{m^2 \cdot k} * \frac{0.0127}{0.0107}} + \frac{0.0127m * \ln(\frac{0.0127}{0.0107})}{14.9 \frac{W}{m^{\circ}k}} + \frac{1}{65 \frac{W}{m^2 \cdot k}}}$$

$$U = 18.22 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Donde

U = Coeficiente global de transferencia de calor

$\bar{h}$  = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo

h = Coeficiente de transferencia de calor en la parte exterior del tubo

fuentes: (Holman, 1999)

#### 4.9 Calcular la velocidad de la transferencia de calor

Tabla 8 Temperatura dentro de la tubería

Calor específico del aire 120°C	T. dentro del tubo
1011 J/kg °k)	120°C=393.15°K

Fuente: (YUNUS A., 1995)

$$q = m * CpAire * T0 - Ts$$

$$q = 0,00322 \frac{kg}{s} * 1,011 \frac{kJ}{kg \cdot K} * (120 - 27^\circ C)$$

$$q = 0,00322 \frac{kg}{s} * 1,011 \frac{kJ}{kg \cdot K} * (93 + 273.15^\circ K)$$

$$q = 1.19 \frac{kJ}{s}$$

Donde:

CpAire = Calor específico del aire en (KJ/Kg °K)

m = flujo másico del aire (Kg/s.)

T0 = Temperatura en el centro del tubo. (°C)

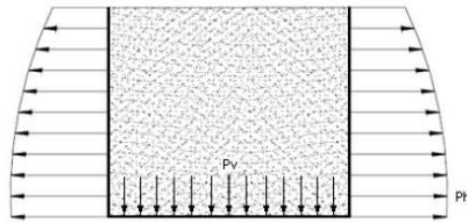
Ts = Temperatura exterior del tubo. (°C)

#### 4.10 Cálculo del espesor de la plancha de la cámara de envejecimiento

Se deberá calcular la presión máxima a la que estará expuesta la cámara de añejamiento.



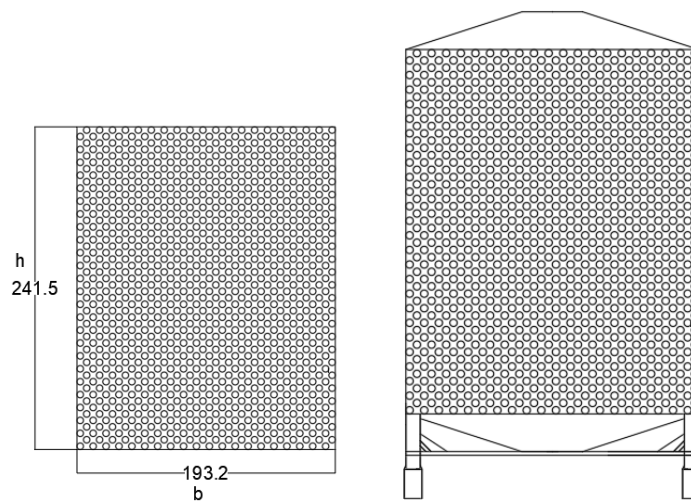
Figura 25 Distribución de presiones



Fuente: (QUINGATUÑA GALLARDO & SIGCHA CUNALATA, 2013)

**Calcular el radio hidráulico**

Figura 26 Distribución de tubos dentro de la cámara



Fuente: elaboración propia

$$h=241.5\text{cm}=2.415\text{m}$$

$$b=193.2\text{cm}=1.932\text{m}$$

$$R_h = \frac{bh}{b+2h}$$

$$R_h = \frac{1.932(2.415)}{1.932+2(2.415)}$$

$$R_h = 0.69\text{m}$$

**Donde:**

$R_h$  = Radio hidráulico

b= base

h= altura

**Cálculo del coeficiente de rozamiento contra la pared**

$$\mu = \tan \phi$$

$$\mu = \tan 18^\circ$$

$$\mu = 0,325$$

Donde:

$\mu$  = Coeficiente de rozamiento contra la pared

$\varphi$  = Angulo de rozamiento contra la pared

### Calcular el coeficiente de rozamiento interno

$$K = \frac{1 - \operatorname{sen}\theta}{1 + \operatorname{sen}\theta}$$

$$K = \frac{1 - \operatorname{sen}25^\circ}{1 + \operatorname{sen}25^\circ}$$

$$K = 0,405$$

### Cálculo la presión en la cámara

$$P_{hJ} = \frac{\rho m * R_h}{\mu} \left(1 - e^{-\frac{\mu * k}{R_h} * h_1}\right)$$

**Fuente:** (Ravenet Catalan, 1977)

$$P_{hJ} = \frac{\frac{890\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,69\text{m}}{0,325} \left(1 - e^{-\frac{0,325 * 0,405}{0,69\text{m}} * 2,415\text{m}}\right)$$

$$P_{hJ} = 1235,4 \text{ Kg/m}^2$$

Donde:

$P_{hJ}$  = Presión en la cámara

$\rho m$  = Densidad del arroz

$R_h$  = Radio hidráulico

$\mu$  = Coeficiente de rozamiento contra la pared

$K$  = Coeficiente de rozamiento interno

$h_1$  = Altura de la cámara de envejecimiento

### Calcular la presión lateral en la cámara

$$P_{hp} = 2,32 * P_{hJ}$$

$$P_{hp} = 2,32 * 1235,4 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_{hp} = 2470,8 \text{ Kg/m}^2$$

Donde:

$P_{hJ}$  = Presión en la cámara

$P_{hp}$  = Presión lateral en la cámara

### Cálculo de la presión vertical en la cámara

$$K = \frac{P_{hp}}{P_v}$$

$$P_v = \frac{P_{hp}}{K}$$

$$P_v = \frac{4625.3 \text{ Kg/ m}^2}{0.405}$$

$$P_v = 6100,74 \text{ Kg/ m}^2$$

Fuente: (Ravenet Catalan, 1977)

Donde:

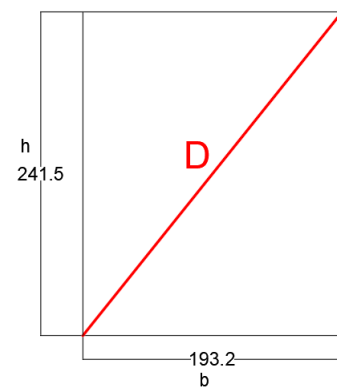
$P_{hp}$  = Presión lateral en la cámara

$K$  = Coeficiente de rozamiento interno

$P_v$  = Presión vertical en la cámara

**Calcular el espesor de la plancha**

Figura 27 Diagonal de la cámara de envejecimiento



$$D = \sqrt{b^2 + h^2}$$

$$h=241.5\text{cm}=2.415\text{m}$$

$$b=193.2\text{cm}=1.932\text{m}$$

$$D = \sqrt{b^2 + h^2}$$

$$D = \sqrt{1.932\text{m}^2 + 2.415\text{m}^2}$$

$$D = 3.09\text{m}$$

$$e_{pp} = \frac{0,77 * Di * P_v}{2 * \sigma_{adm}}$$

$$e_{pp} = \frac{0,77 * 3.09\text{m} * 6100,74\text{Kg/ m}^2}{2 * 1,2 * 107\text{Kg/ m}^2}$$

$$e_{pp} = 6.048 * 10^{-4}\text{m}$$

$$e_{pp} = 0.0006048\text{m}$$

$$e_{pp} = 0.0006048\text{m}$$

$$e_{pp} = 0.6048\text{mm}$$

Teniendo en cuenta el resultado del cálculo, además de criterios de diferentes autores, utilizaremos plancha de 1.15mm de espesor.

Donde:

$e_{pp}$  = Espesor de la plancha

$D$  = Diagonal interior de la cámara de envejecimiento

$P_v$  = Presión vertical en la cámara

$\sigma_{adm}$  = Esfuerzo a la fluencia

#### 4.11 Cálculo del aislante térmico

Para determinar el espesor del aislante térmico tendremos en cuenta la temperatura máxima a la que va a ser expuesta la cámara.

Las propiedades de los materiales involucrados son:

Propiedades del acero:

$k$  = Conductividad en (W / m \* K) = 14.9

$\rho$  = Densidad en (Kg / m<sup>3</sup>) = 7817

El material aislante es lana de vidrio que tiene las siguientes propiedades:

$k$  = Conductividad en (W / m \* K). = 0.038

$\rho$  = Densidad en (Kg / m<sup>3</sup>).= 24

$T_{s1}$  = 120 °C = 393.15 °K

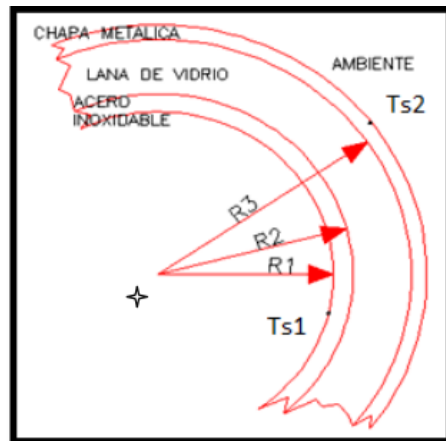
$T_{s2}$  = 27 °C = 300.15 °K

$R_1$  = Radio de la cámara de envejecimiento

$R_2$  = Radio de la chapa de acero inoxidable

$R_3$  = Radio de la lana de vidrio a ser calculado.

Figura 28 Radios de la tubería



Fuente: (QUINGATUÑA GALLARDO & SIGCHA CUNALATA, 2013)

### Cálculo de la resistencia del acero inoxidable

$$q = \Delta T / R_{total}$$

$$R_{total} = R_{inox} + R_{lana}$$

$$R_{inox} = \frac{\ln(R2 / R1)}{2 * K * l * \pi}$$

$$R_{inox} = \frac{\ln(0.02415m / 0.02215m)}{2 * \frac{14.9}{mW} * 6m * \pi}$$

$$R_{inox} = 1.53 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ K/W$$

Donde:

$R_{total}$  = Resistencia total

$R_{inox}$  = Resistencia del acero inoxidable

$R_{lana}$  = Resistencia de la lana de vidrio

$$q = \frac{T_{s1} - T_{s2}}{1,94 \times 10^{-3} \frac{^\circ K}{W} + R_{lana}}$$

$$1190W = \frac{393.15^\circ K - 300.15}{1,53 \times 10^{-4} \frac{^\circ K}{W} + R_{lana}}$$

$$1.53 \times 10^{-4} \frac{^\circ K}{W} + R_{lana} = \frac{93^\circ K}{1190W}$$

$$R_{lana} = 0,0779 \text{ } ^\circ K/W$$

$$\frac{R3}{R2} = e^{(0,0779 \text{ } ^\circ K/W) * 2\pi * 6m * (0,038 \text{ W/m}^\circ K)}$$

$$\frac{R3}{R2} = e^{0.1115}$$

$$\frac{R3}{0.02415} = e^{0.1115}$$

$$R3 = 0.031m$$

Donde:

$q$  = Velocidad de transferencia de energía (KJ/s)

Ts1 = Temperatura en el interior de la cámara

Ts2 = Temperatura ambiente

R2 = Radio de la chapa de acero inoxidable

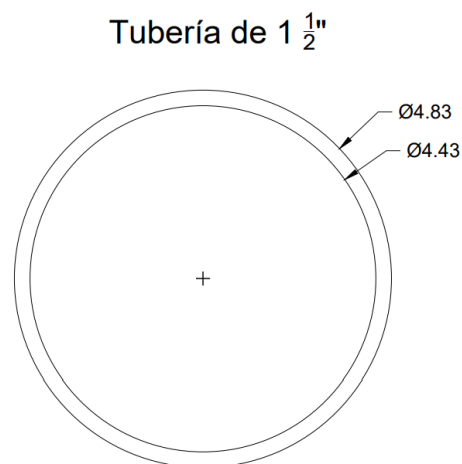
R3 = Radio de la lana de vidrio a ser calculado.

#### 4.12 Cálculo del caudal del ventilador

El cálculo del caudal necesario se realizará teniendo en cuenta la cantidad de masa m<sup>3</sup> que necesitaremos mover en un segundo.

$$Q_T = \frac{\# \text{ tubos} \times V_{\text{tubería}} \text{ m}^3}{s}$$

Figura 29 Diámetro interno y externo de la tubería



Fuente: elaboración propia

Calcularemos el volumen interno por donde circulara el aire

$$D=4.53\text{cm}$$

$$D=0.0453\text{m}$$

$$V_{\text{tubería}} = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * h$$

$$V_{\text{tubería}} = \pi * \left(\frac{0.0443\text{m}}{2}\right)^2 * 6\text{m}$$

$$V_{\text{tubería}} = 0.0092480\text{m}^3$$

Calcularemos el caudal del aire dentro de las tuberías


$$Q_T = \frac{\# \text{ tubos} \times V_{\text{tubería}}}{s} \text{ m}^3$$

$$Q_T = \frac{1021 \times 0.0092480 \text{ m}^3}{s}$$

$$Q_T = 9.442 \frac{\text{m}^3}{s}$$

$$Q_T = 33992 \frac{\text{m}^3}{h}$$

Figura 30 Potencia de ventiladores



### CMR

Ventiladores centrífugos de media presión y simple aspiración, de gran robustez, equipados con turbina con álabes hacia atrás.

**Ventilador:**

- Envoltorio en chapa de acero.
- Turbina con álabes a reacción, en chapa de acero de gran robustez.

**Motor:**

- Motores de eficiencia IE3 para potencias iguales o superiores a 0,75kW, excepto monofásicos, 2 velocidades y 8 polos.
- Motores clase F con rodamientos a bolas, protección IP55.

- Trifásicos 230/400V-50Hz (hasta 4kW) y 400/690V-50Hz (potencias superiores a 4kW).
- Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C + 120°C.

**Acabado:**

- Anticorrosivo en resina de poliéster poliésterada a 150 °C, previo desengrase con tratamiento nanotecnológico libre de fosfatos.

**Bajo demanda:**

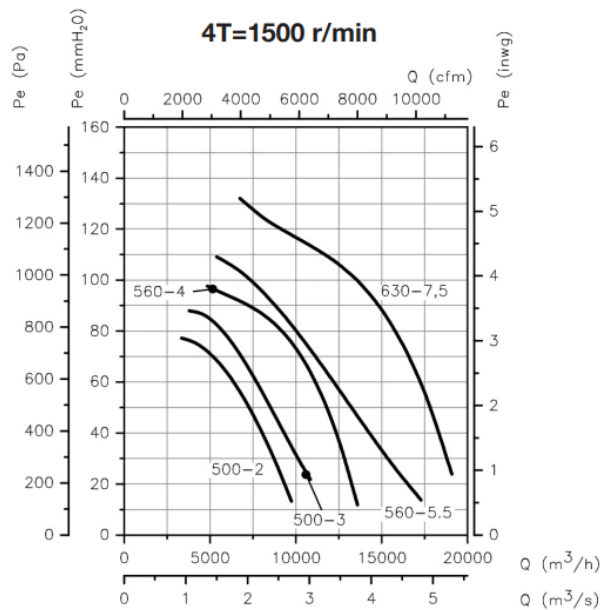
- Bobinados especiales para diferentes tensiones.
- Ventilador preparado para transportar aire hasta 250°C.
- Ventilador en acero inoxidable.
- Certificación ATEX Categoría 2 (ver serie CMR/ATEX).

COD.	Modelo	Velocidad (r/min)	Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	According ERP	PIP €
1014298	CMR-1031-2T IE3	2875	1,50	5160	80	2015	1.221,35
1014305	CMR-1135-2T IE3	2910	2,20	7800	83	2015	1.409,70
1014315	CMR-1240-2T IE3	2900	4,00	11100	86	2015	1.836,30
1014319	CMR-1240-4T IE3	1420	0,75	5800	71	2015	1.487,55
1054611	CMR-1445-2T IE3	2930	7,50	16500	87	2015	2.410,65
1014326	CMR-1445-4T IE3	1455	1,10	8030	72	2015	1.691,05
1054636	CMR-1650-2T IE3	2945	11,00	18850	89	2015	3.483,90
1014337	CMR-1650-4T IE3	1440	1,50	10500	74	2015	1.995,45
1014349	CMR-1856-4T IE3	1440	3,00	15150	79	2015	2.549,60
1014358	CMR-2063-4T IE3	1465	5,50	24450	80	2015	3.141,70
1014360	CMR-2063-6T IE3	950	1,50	16100	71	2015	2.918,65
1054724	CMR-2271-4T IE3	1470	11,00	34610	85	2015	4.357,30
1014371	CMR-2271-6T IE3	970	3,00	22750	76	2015	3.846,60

Fuente: (SODECA, 2022)

Curvas características de presión y caudal del ventilador centrífugo

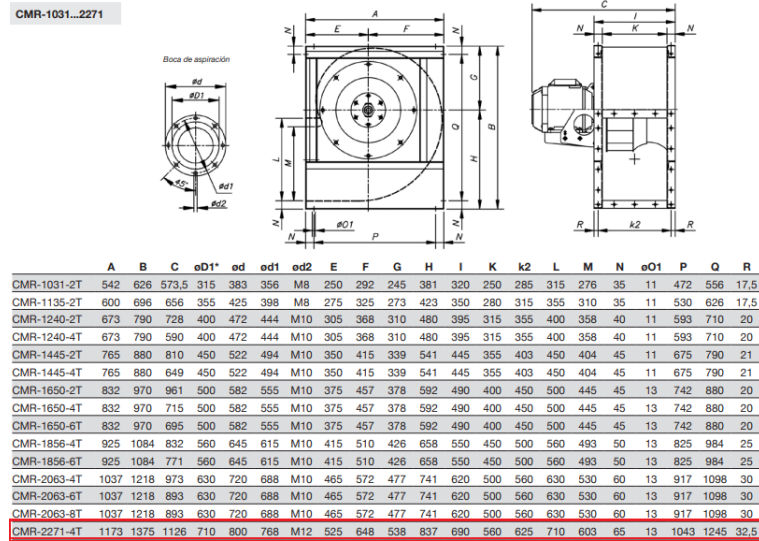
Figura 31 Curva de presión y caudal del ventilador



Fuente: (SODECA, 2022)

Figura 32 Dimensiones mecánicas del ventilador

Dimensiones mm

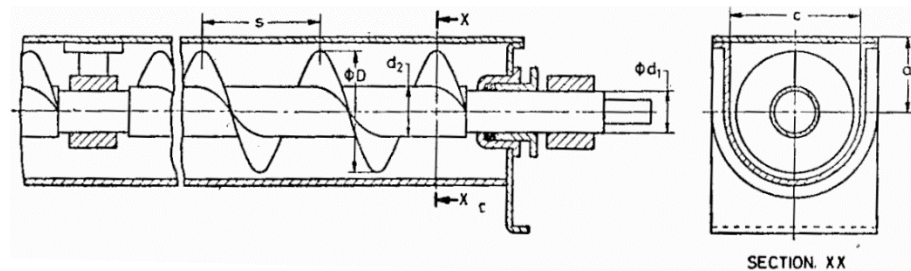


Fuente: (SODECA, 2022)

#### 4.13 Diseño del transportador sin fin

El transportador se utiliza como sistema de llenado o vaciado de materia prima en las industrias.

Figura 33 Transportador sin fin



Fuente: (Ray, 2008)

Se describen los componentes del transportador.

C= ancho de la tapa

A= altura del eje del transportado hasta la tapa

S= distancia del paso del tornillo

D= Tamaño nominal

d1= diámetro del acoplamiento

d2= diámetro del eje

**calcularemos la capacidad volumétrica del transportador**



$$V_Y = \frac{\pi D^2}{4} S 60N \varphi \rho C$$

$V_Y$  = Capacidad volumétrica a transportar (Kg/ h)

$D$  = Diámetro del tornillo (m).

$S$  = distancia del paso del tornillo

$N$  = Velocidad de rotación (rpm)

$\varphi$  = Eficiencia de carga; fluidez.

$\rho$  = Densidad (kg/m<sup>3</sup>)

$C$  = Factor de inclinación del transportador.

$\varphi$  la fluidez directamente depende las características que presenta el material.

Tabla 9 Características de materiales

Características de los materiales	Valor de $\varphi$
Flujo lento, abrasivos (enlazadora, ceniza)	0.125
Flujo lento, abrasivo suave	0.25
Flujo libre, abrasivo suave(grano)	0.32
Flujo libre, no abrasivo (grano)	0.4

Fuente: (Ray, 2008)

Considerando que el arroz es un grano el valor de  $\varphi$  será de 0.4

El valor que tomará  $C$  será de acuerdo al ángulo de  $\beta$

Tabla 10 Valor de  $C$

$\beta$	0°	5°	10°	15°	20°
$C$	1.0	0.9	0.8	0.7	0.65

Para  $C$  tomaremos 1 ya que el transportador no tendrá ningún ángulo de inclinación

**Calcularemos la velocidad (N)de llenado del transportador hacia la cámara añejamiento.**

$$V_Y = \frac{\pi D^2}{4} S 60N \varphi \rho C$$

$$N = \frac{V_Y}{15\pi * D^2 * S * \varphi * \rho * C}$$

$$V\gamma = 10000 \text{ kg}$$

$$D = 0.125 \text{ m}$$

$$S = 0.08 \text{ m}$$

$$\varphi = 0.4$$

$$\rho = 890 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$C = 1$$

$$N = \frac{V\gamma}{15\pi * D^2 * S * \varphi * \rho * C}$$

$$N = \frac{10000 \text{ kg}}{15\pi * (0.125\text{m})^2 * 0.08\text{m} * 0.4\text{m} * 890 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 1}$$

$$N = 691.45 \text{ rpm}$$

Como necesitamos llenar la maquina en un tiempo no mayor o igual 30 minutos en todo caso el motor tendría que tener una velocidad de 1382.91 rpm.

**Calcularemos la potencia necesaria que necesita en su funcionamiento con carga**

$$P = P_H + P_N + P_{st}$$

Fuente: (Ray, 2008)

$P_H$ = Potencia que se necesitara para transportar el material.

$P_N$ = Potencia motriz del transportador sin carga.

$P_{st}$ = Potencia requerida para la inclinación del transportador.

**Calcularemos  $P_H$**

$$P_H = \frac{V\gamma L'}{367} \lambda \text{ [KW]}$$

$V\gamma$  =Capacidad volumétrica (toneladas /h).

$L'$  =Longitud de transportación (m).

$\lambda$  =Coeficiente de resistencia de material.

$\lambda$  es el coeficiente normal de fricción del material a ser transportado, para el valor de  $\lambda$  está entre 2 y 4.

Fuente: (Ray, 2008)

$$P_H = \frac{V\gamma L'}{367} \lambda \text{ [KW]}$$

$$P_H = \frac{\left(\frac{20t}{h}\right) 6m}{367}^4 \text{ [KW]}$$

$$P_H = 1.3 \text{ [KW]}$$

**Calcularemos PN la potencia que necesitara el transportador para moverse sin carga**

$$P_N = \frac{DL}{20} \text{ [KW]}$$

$D$ =Diámetro del tornillo ( $m$ ).

$L$  =Longitud del tornillo ( $m$ ).

$$P_N = \frac{0.125 * 6}{20} \text{ [KW]}$$

$$P_N = 0.0375 \text{ [KW]}$$

**Calcularemos la potencia con referente a la inclinación del transportador**

$$P_{st} = \frac{V\gamma H}{367} \text{ [KW]}$$

$V\gamma$  =Flujo del material ( $Kg/hora$ )

$H$  =Altura ( $m$ ).

Teniendo en cuenta que el transportado estará en una posición horizontal el dato que tomaremos será 0 KW.

$$P_{st} = 0 \text{ KW}$$

**Teniendo todos los datos, calcularemos la potencia total necesaria para poder mover el transportador con carga.**

$$P = P_H + P_N + P_{st}$$

$$P_T = 1.3 \text{ KW} + 0.035 \text{ KW} + 0 \text{ KW}$$

$$P_T = 1.33 \text{ KW}$$

$$P_T = 1.78 \text{ HP}$$

En este caso utilizaremos un motor de potencia de 2 hp

**Cálculo de los parámetros de la hélice del transportador sin fin**

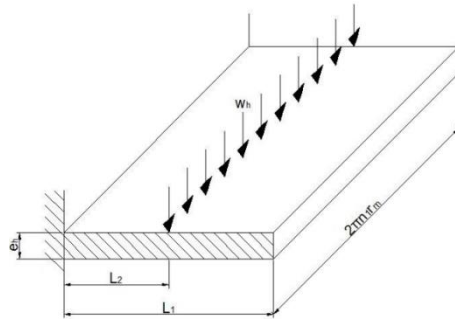
La hélice se calculará asumiendo como a una viga corta en voladizo, proyectada desde el centro, La carga se toma como paralela al eje concentrado en el radio medio de la hélice, el ancho

de la viga es igual a la longitud de la hélice media en el radio medio.

Fuente: (Rivera Grijalva, 2013)

Representación de la hélice del transportador sin fin

Figura 34 Representación de la hélice del transportador sin fin



Fuente: (Rivera Grijalva, 2013)

$eh$ =Espesor de la hélice.

$L1$ =Ancho de la hélice.

$L2$ =Distancia del radio medio.

$wh$ =Carga máxima que empuja la hélice.

$n1$ =Número de Pasos.

$rm$ =Radio medio.

**Cálculo de numero de pasos que tendrá el transportador sin fin**

$$n1 = \# \text{ Pasos} = \frac{L}{P}$$

$n1$  Número de Pasos.

$L$  Longitud del eje (m).

$P$  Paso del tornillo (m).

$$n1 = \# \text{ Pasos} = \frac{6}{0.08}$$

$$n1 = 75$$

**Cálculo del volumen para un paso**

$$V = \frac{\pi D^2 P}{4}$$

$D$ = diámetro del torillo

$$V = \frac{\pi(0.125\text{m})^2 * 0.08\text{m}}{4}$$

$$V = 0.9417 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

En estos tipos de aplicaciones el volumen del transportador no excede el 30%

$$V = 0.28251 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

### **Cálculo de la carga y el peso máximo del material**

$$m = \rho * V_{30\%}$$

$$m = 890 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.28251 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

$$m = 0.2514 \text{ Kg}$$

### **Peso para un paso**

$$W = W_p = m * g$$

$W_p$  = Peso para un paso (N).

$g$  = Gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).

$$W_p = (0.2514 \text{ Kg}) (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$W_p = 2.466 \text{ N}$$

Calcularemos el peso para todos los pasos

$$W = W_p * n_1$$

$$W = 2.46 \text{ N} * 75$$

$$W = 184.5 \text{ N}$$

## **4.14 Cálculo del transportador vibratorio**

Figura 35 Transportador vibratorio



**Fuente:** (Key Technology, 2013)

### **Cálculo del flujo de transporte**

$$I_v = 3600 * A * V_m$$

$A$  = área de la sección del flujo del material

$V_m$  = velocidad de desplazamiento del material m/s

### **Cálculo de la velocidad media**

$$V_m = \frac{S_g * n}{60}$$

$S_g$  = recorrido en metros del material

$n$  = revoluciones del motor

### **potencia de impulsión**

$$P_V = \left( \frac{I_g * L * f_{ges}}{360} \pm \frac{I_g * H}{360} \right) * \frac{g}{n_{ges}}$$

$P_V$  = potencia a plena carga

$$I_g = \text{Flujo masico tn/h} \left( \frac{14.5 \text{tn}}{h} \right)$$

$P_V$  = longitud de transporte (6m)

$H$  = altura de transporte (1m)

$f_{ges}$  = coeficiente total de perdidas (1...1,15)

$n_{ges}$  = rendimiento total de impulsión (60%)

$$P_V = \left( \frac{\frac{14.5 \text{tn}}{h} * 6 \text{m} * 1,5}{360} \pm \frac{14.5 \text{tn/h} * 1 \text{m}}{360} \right) * \frac{9.81}{0.60}$$

$$P_V = (0.25 + 0.0277) * 16.35$$

$$P_V = 6.58 \text{ kw}$$

### **velocidad teórica de transporte**

$$V_{th} = \left( \frac{1000 * g * Z_t^2 * z * \cot \alpha}{2 * f} \right)$$

$V_{th}$  = velocidad teorica de transporte m/s

$Z_t$  = coeficiente de tiempo

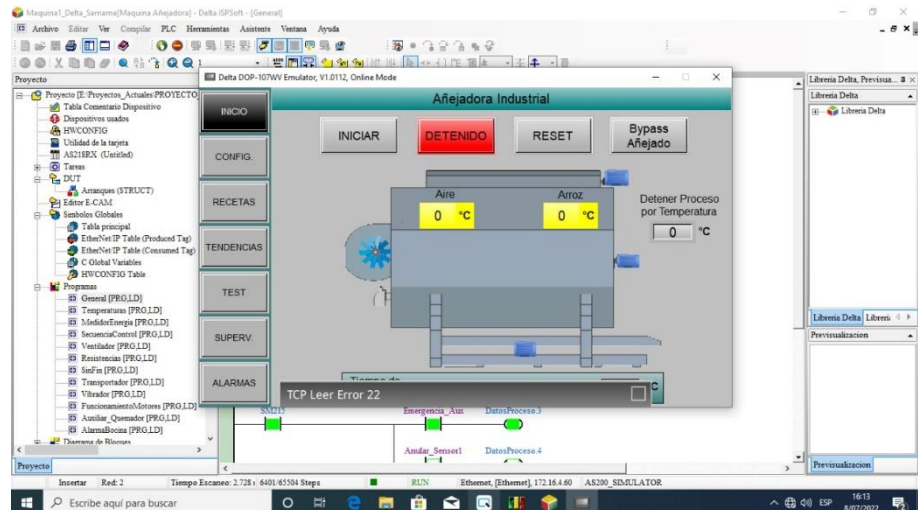
$\alpha$  = angulo de lanzamiento

$f$  = frecuencia en Hz

### 4.3 Diseño del sistema de control automatizado

el sistema de control se basará en un proceso automatizado que será controlado mediante un controlador lógico programable (PLC) y un interfaz humano maquina (HMI).

Figura 36 Vista general del HMI



Fuente: elaboración propia.

#### Desarrollo del interfaz de operación

##### Botón inicio

Muestra la pantalla de inicio o vista general de la HMI

Permite iniciar y detener el proceso

Permite resetear las fallas y alarmas ocurridos en el proceso

Supervisa el estado de los motores encendido – apagado

Supervisa la temperatura del aire

Supervisa la temperatura del grano



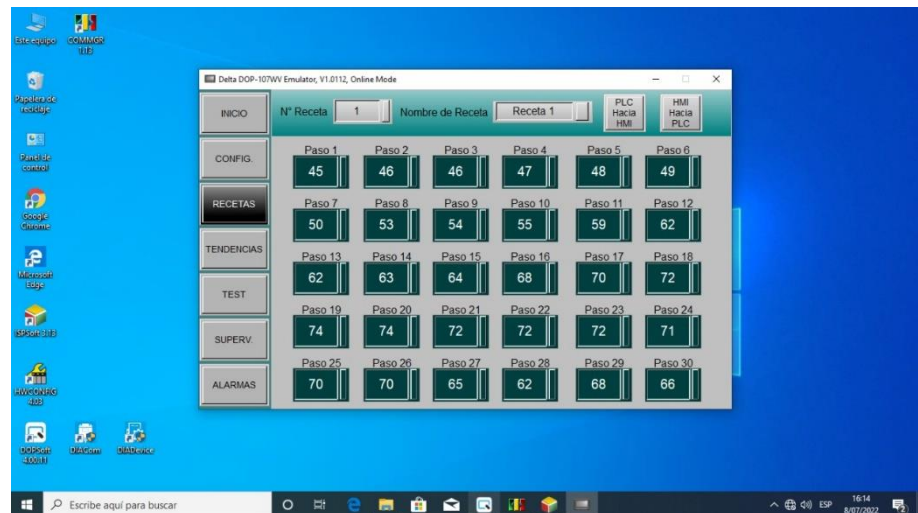


Se contará con 5 recetas configurables que le permitirán al operario seleccionarlos según su necesidad.

HMI hacia PLC: cargas los datos modificados en la HMI hacia el PLC.

PLC hacia HMI: recupera los datos del PLC hacia la HMI

Figura 39 Vistas recetas HMI

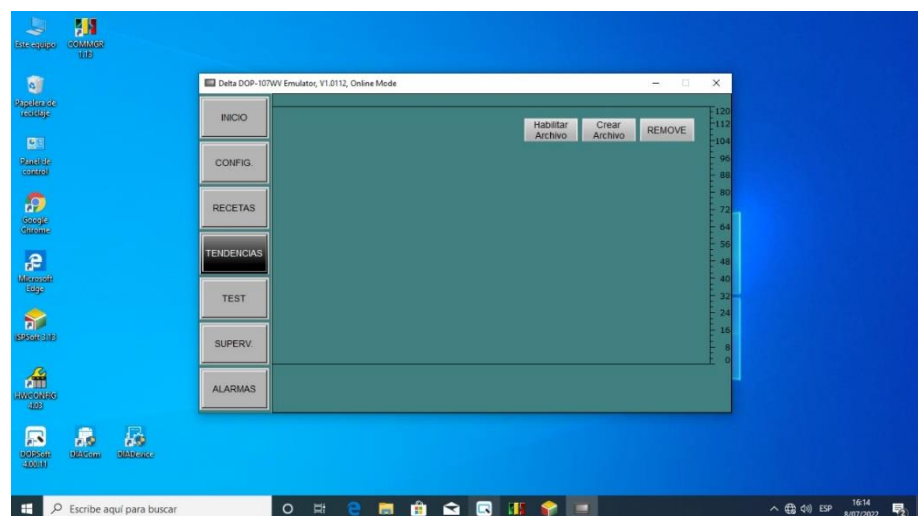


Fuente: elaboración propia

### Botón tendencias

Almacena datos del comportamiento de las curvas de temperatura de aire y de grano presentes en el proceso.

Figura 40 Vistas tendencias HMI



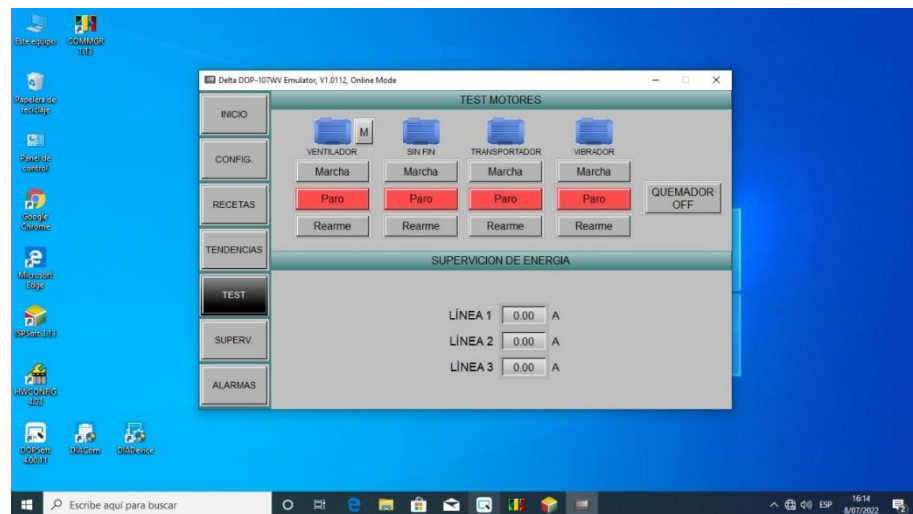
Fuente: elaboración propia

### Botón test

Permite arrancar manualmente los motores y el quemador para verificar el correcto funcionamiento de los mismos.

Nos permite también supervisar el consumo de energía utilizada en el proceso.

Figura 41 Vistas TEST HMI

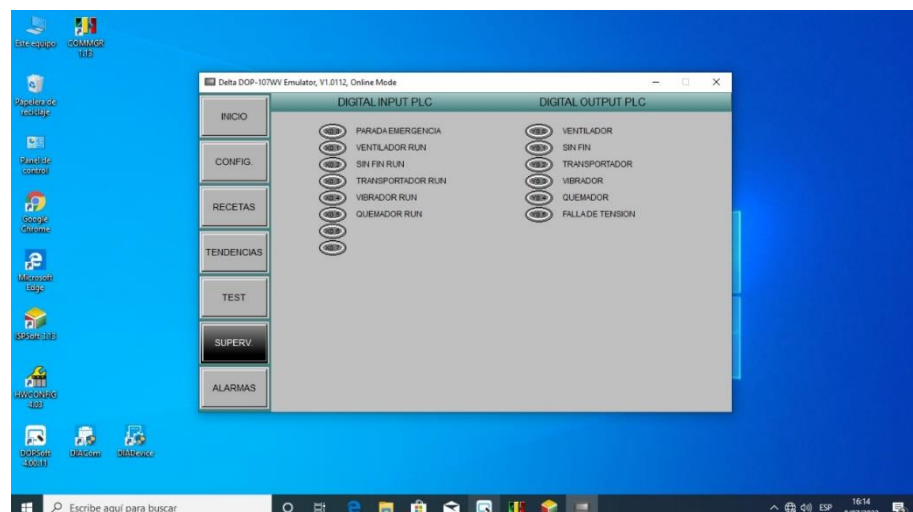


Fuente: elaboración propia

### Botón superv.

Permite supervisar el estado de las entradas y salidas del PLC.

Figura 42 Vista SUPERV. HMI

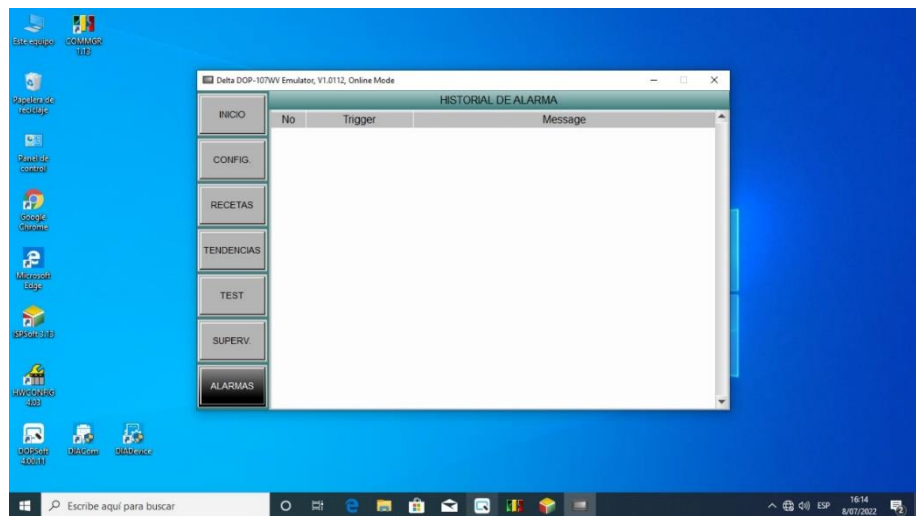


Fuente: elaboración propia

### **Botón alarmas**

Permite guardar la información de fallas y alarmas de la maquina ocurridos durante el proceso, que le permitirán al operario diagnosticar en un menor tiempo el problema que se este presentando.

Figura 43 Vista alarmas HMI

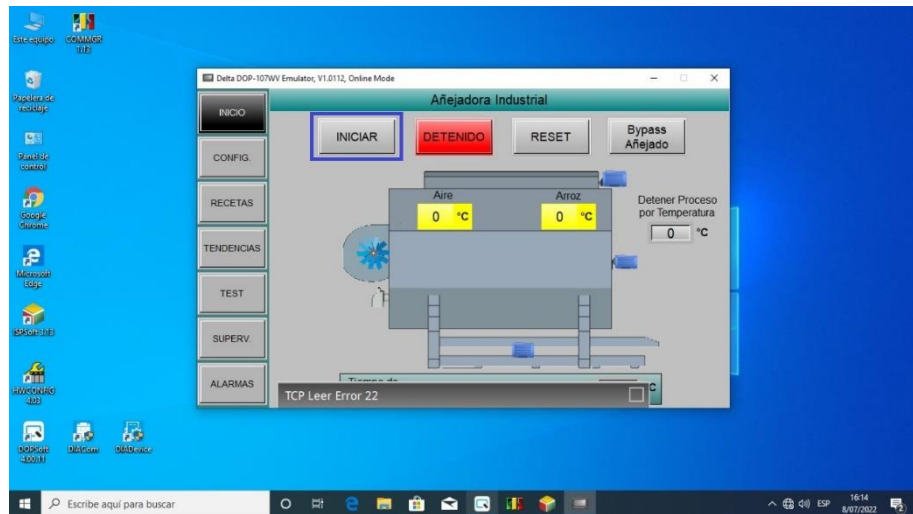


Fuente: elaboración propia

### **Botón iniciar**

Inicia el proceso encendiendo el ventilador y posteriormente de confirmar su funcionamiento enciende el quemador que funcionara respecto a la receta asignada por el operario.

Figura 44 Botón iniciar proceso

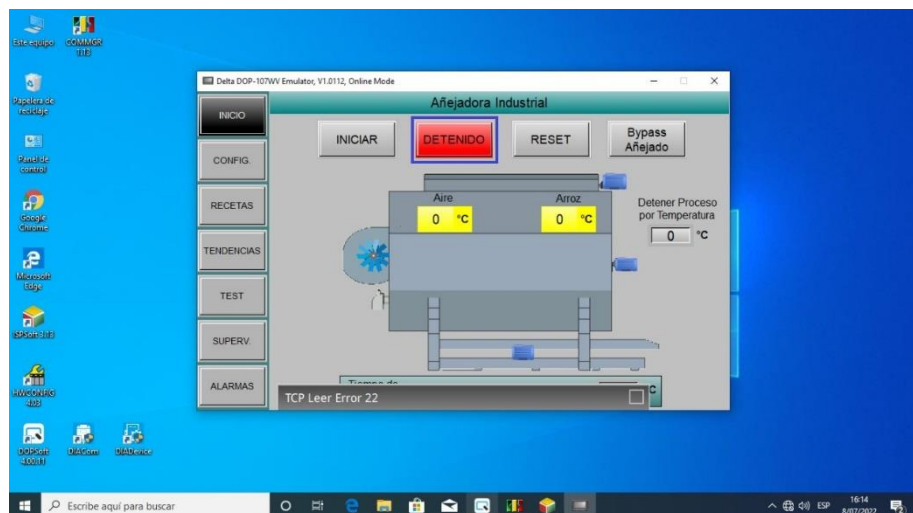


Fuente: elaboración propia

### Botón detenido

Detiene el proceso manualmente (es determinado por el operario)

Figura 45 Botón detenido

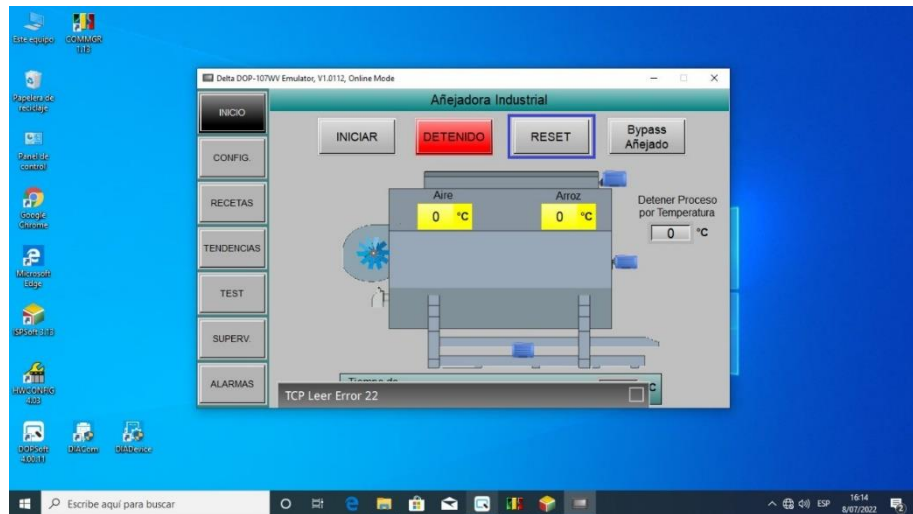


Fuente: elaboración propia

### Botón reset

En esta sección permite al operario visualizar el tiempo que duro su proceso, además de regresar los contadores de tiempo a cero para poder iniciar un nuevo proceso.

Figura 46 Botón RESET

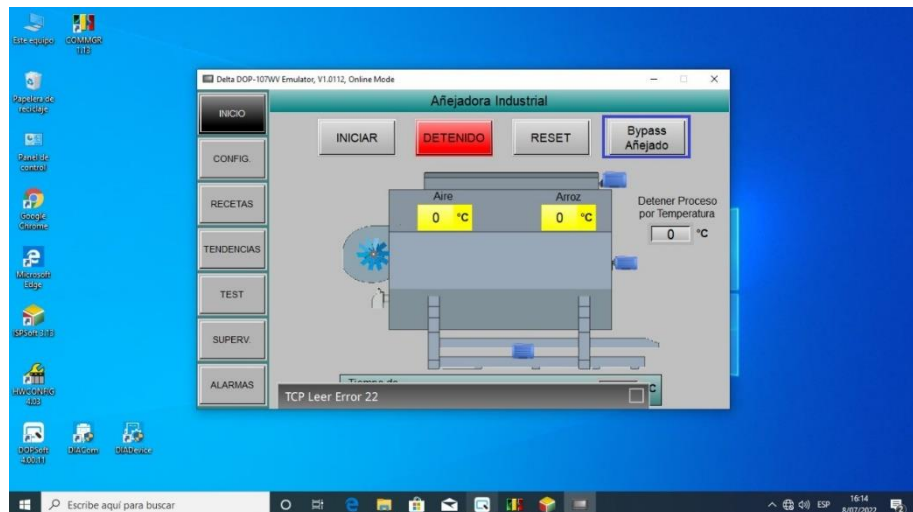


Fuente: elaboración propia

### **Botón bypass añejado**

Le permite al operario pasar directamente a etapa de enfriamiento del proceso (después de realizar las pruebas de calidad).

Figura 47 Botón bypass añejado



Fuente: elaboración propia

### **Desarrollo de la lógica de control**

### **Equipos utilizados para el control del proceso**

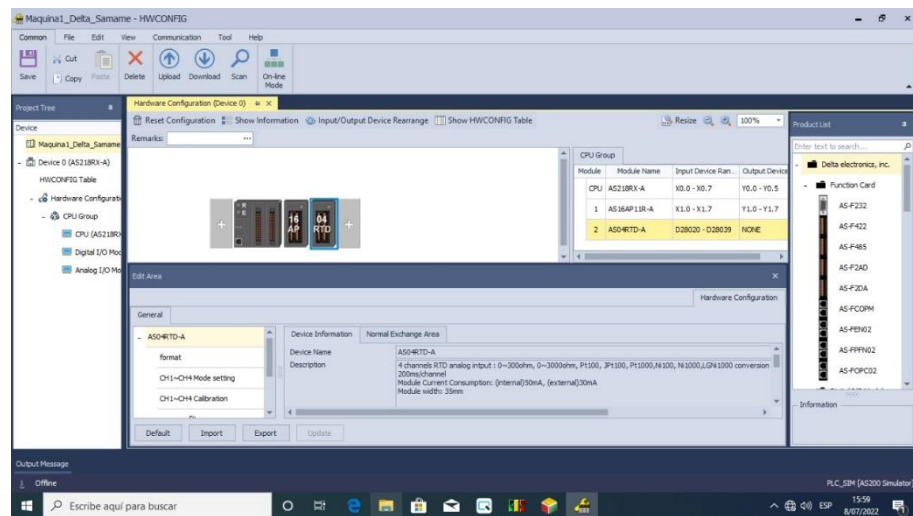
Se seleccionarán los equipos a utilizar en sistema de control

PLC: modelo AS218RX-A que cuenta con 8 entradas y 6 salidas digitales.

Modulo ID/QD: modelo AS16AP11R-A que cuenta con 8 entradas y 6 salidas digitales.

Modulo RTD: Modelo que cuenta con 4 entradas para sensores pt100 etc.

Figura 48 selección de PLC y Módulos



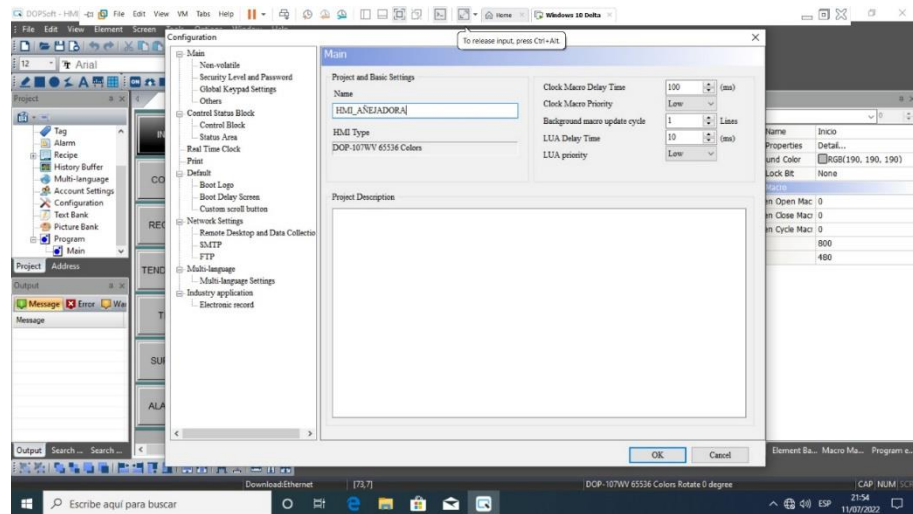
Fuente: elaboración propia

## Equipo utilizado para la interfaz de operación

Se selecciono la siguiente interfaz de operación

HMI: modelo DOP-107WV 65536 colors

Figura 49 Selección del HMI



Fuente: elaboración propia

## Tipo de comunicación entre PLC y HMI

El protocolo usado Ethernet/IP es un protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial. Basado en los protocolos estándar TCP/IP, utiliza los ya bastante conocidos hardware y software Ethernet para establecer un nivel de protocolo para configurar, acceder y controlar dispositivos de automatización industrial.

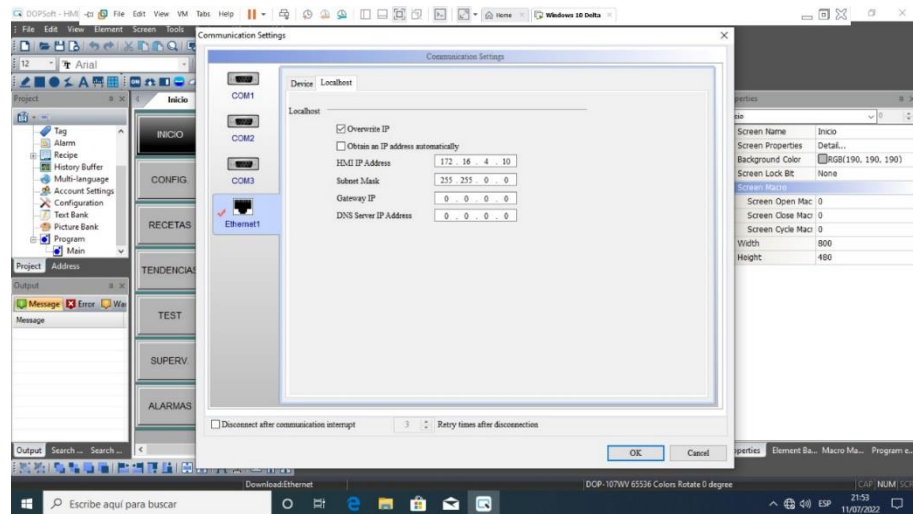
El protocolo de red Ethernet/IP está basado en el Protocolo de Control e Información (Control and Information Protocol - CIP) utilizado en DeviceNet™ y ControlNet™. Basados en esos protocolos, Ethernet/IP ofrece un sistema integrado completo, enterizo, desde la planta industrial hasta la red central de la empresa.

Fuente: (SIEMON, 2022)

## Protocolo de comunicación PLC

Protocolo usado ethernet/IP

Figura 50 Selección IP comunicación

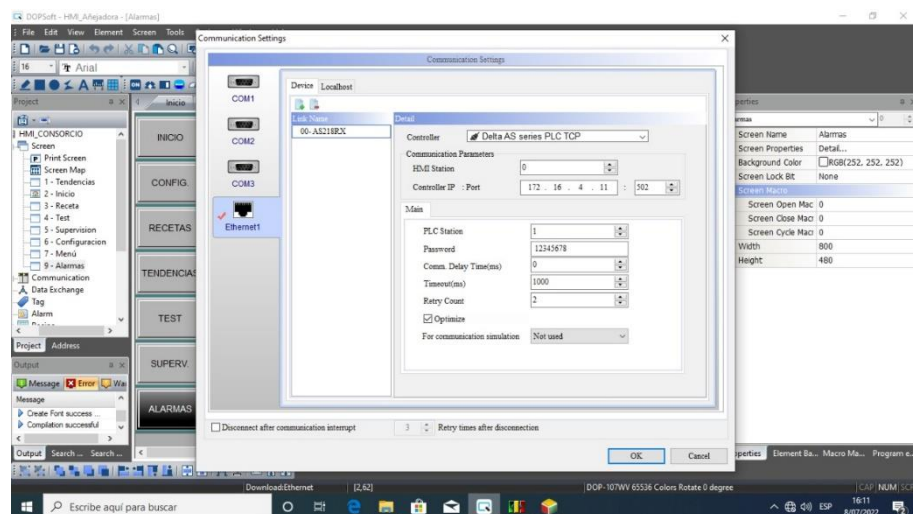


Fuente: elaboración propia

## Protocolo de comunicación HMI

El protocolo usado Ethernet/IP

Figura 51 Selección IP comunicación



Fuente: elaboración propia

## Programación (lógica de control)

La Programación de la lógica de control, se basará en la toma de los datos de temperatura del proceso que permitirán accionar el ventilador centrifugo como también el quemador.



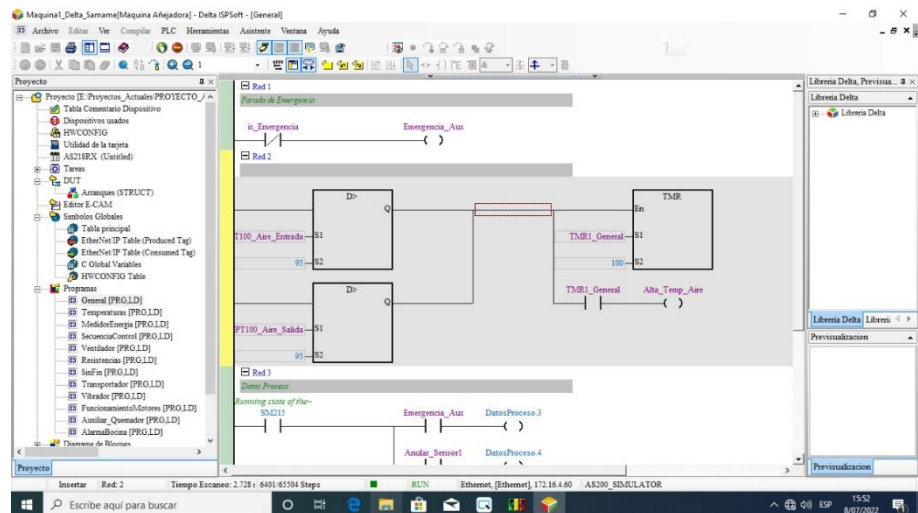
consideramos todas las seguridades necesarias para el proceso, parada de emergencia, eventos anómalos como sobre temperatura (se presenta mayormente cuando el sensor de temperatura se avería y muestra un dato no real), falla de un motor por sobrecarga o perdida de aislamiento lo que ocasiona un cortocircuito, como también subtensiones y sobretensiones de la red.

Esto implica crear variables tomar datos, que visualizaran en la HMI (recetas, tendencia, alarmas, estado del proceso, etc.)

### Programa – general

En esta sección se ubican todas las señales y variables que intervienen en la seguridad del proceso, además de la secuencia de arranque de los motores.

Figura 52 Programa PLC

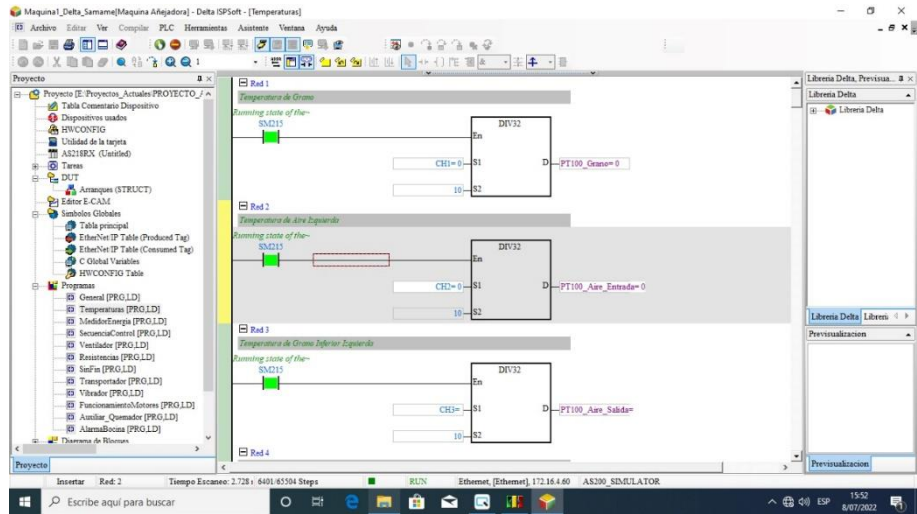


Fuente: elaboración propia

### Programa – temperatura

En esta sección están ubicados los bloques de control que intervienen el registro de temperaturas que se presentan en el proceso.

Figura 53 Programa PLC



Fuente: elaboración propia

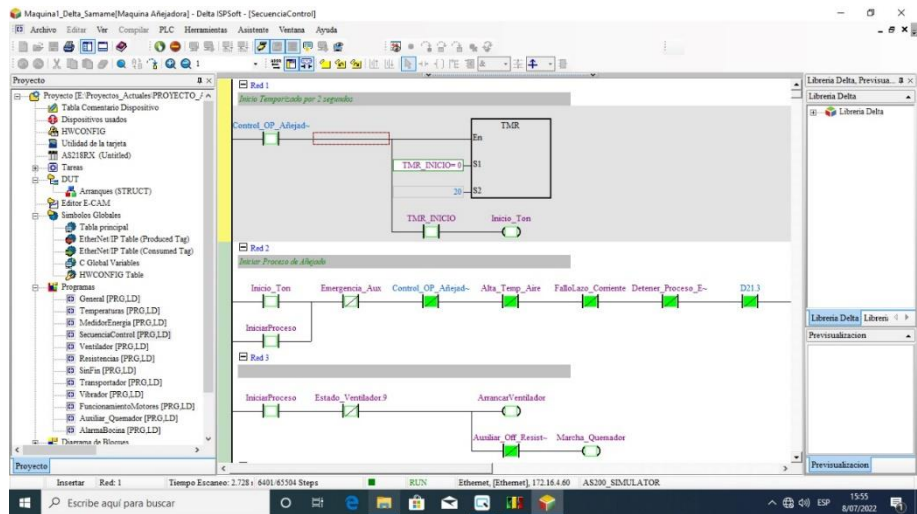
### Programa – Medidor de energía

En esta sección están ubicados los bloques de control que intervienen en el registro de parámetros eléctricos (voltaje, corriente, potencia, etc.)

### Programa - secuencia control

En esta sección están ubicados los bloques de control que intervienen en la secuencia que sigue después de iniciar el proceso, esto depende de la receta seleccionada.

Figura 54 Programa PLC

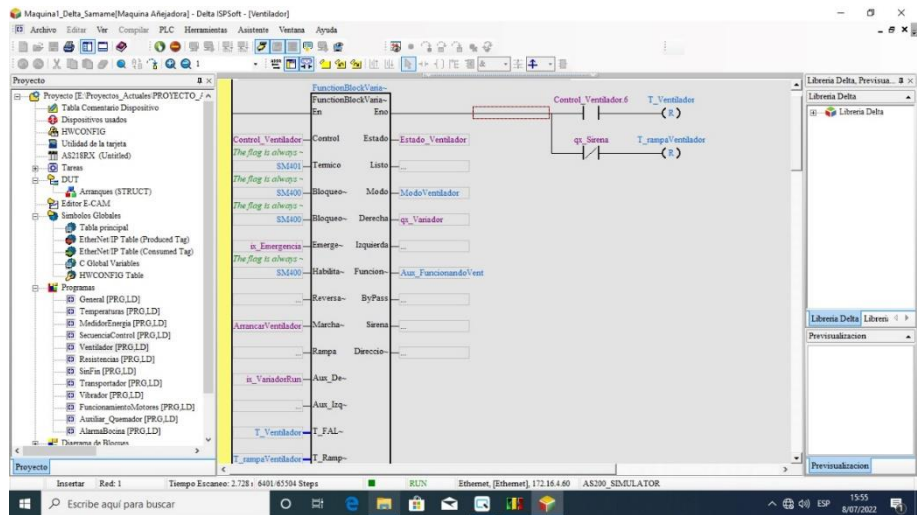


Fuente: elaboración propia

## Programa – ventilador

En esta sección están ubicados los bloques de control del arranque y parada del ventilador.

Figura 55 Programa PLC

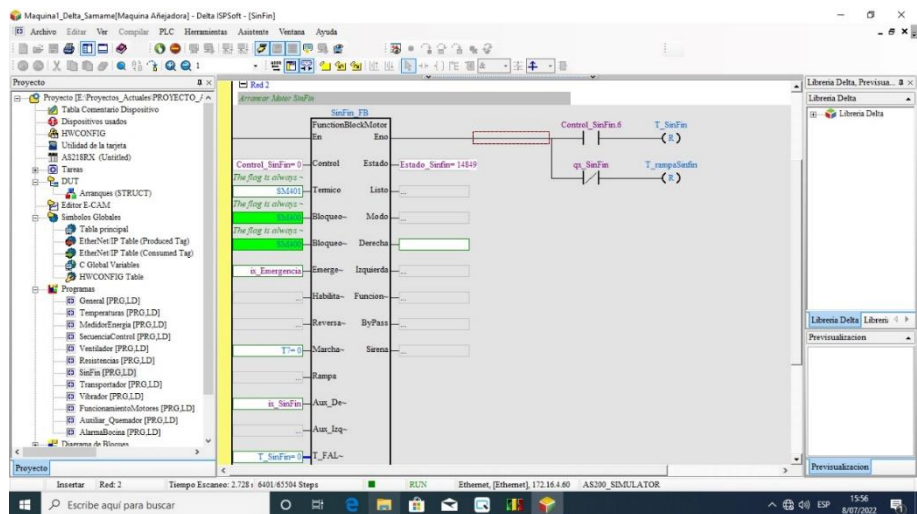


Fuente: elaboración propia

## Programa - sin fin

En esta sección están ubicados los bloques de control del arranque y parada del sin fin.

Figura 56 Programa PLC

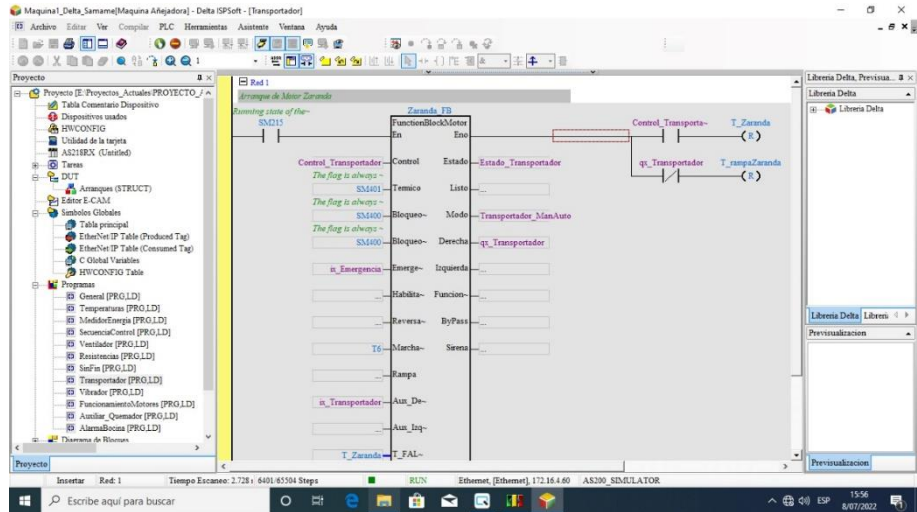


Fuente: elaboración propia

## Programa – transportador

En esta sección están ubicados los bloques de control del arranque y parada del transportador.

Figura 57 Programa PLC

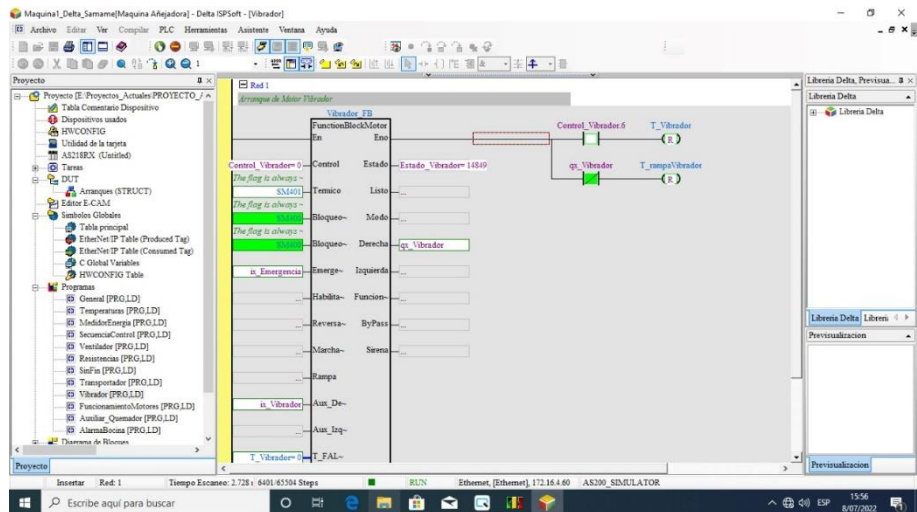


Fuente: elaboración propia

## Programa – vibrador

En esta sección están ubicados los bloques de control del arranque y parada del vibrador.

Figura 58 Programa PLC

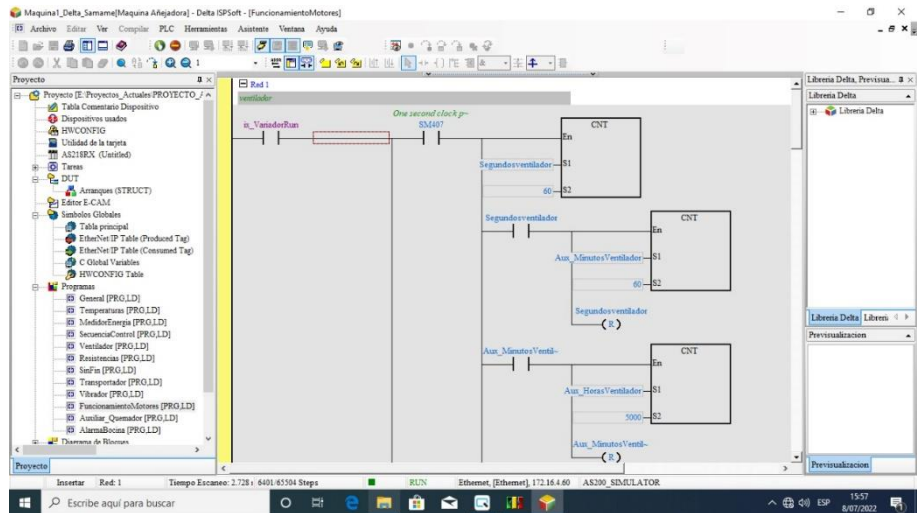


Fuente: elaboración propia

## Programa – funcionamientos motores

En esta sección están ubicados los bloques de control que permiten arrancar los motores cuando el proceso se encuentra en automático.

Figura 59 Programa PLC

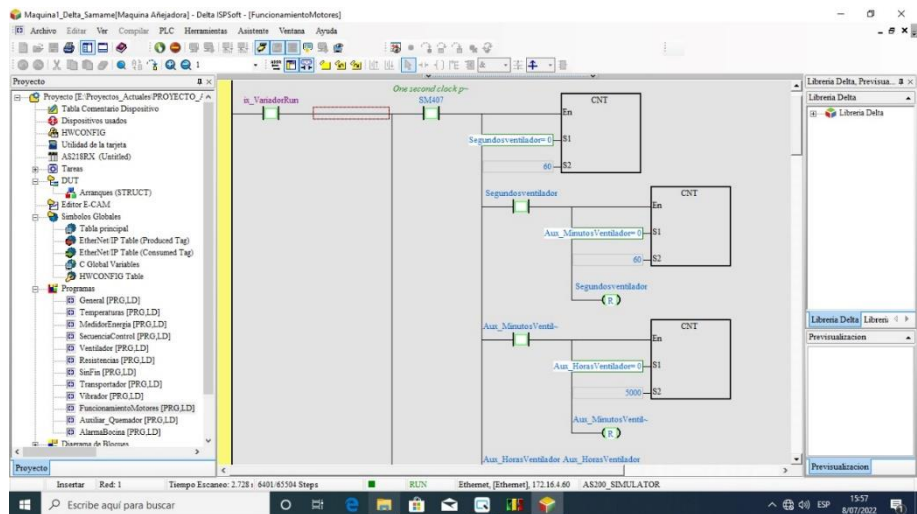


Fuente: elaboración propia

## Programa – auxiliar quemador

En esta sección están ubicados los bloques de control del arranque y parada del quemador.

Figura 60 Programa PLC

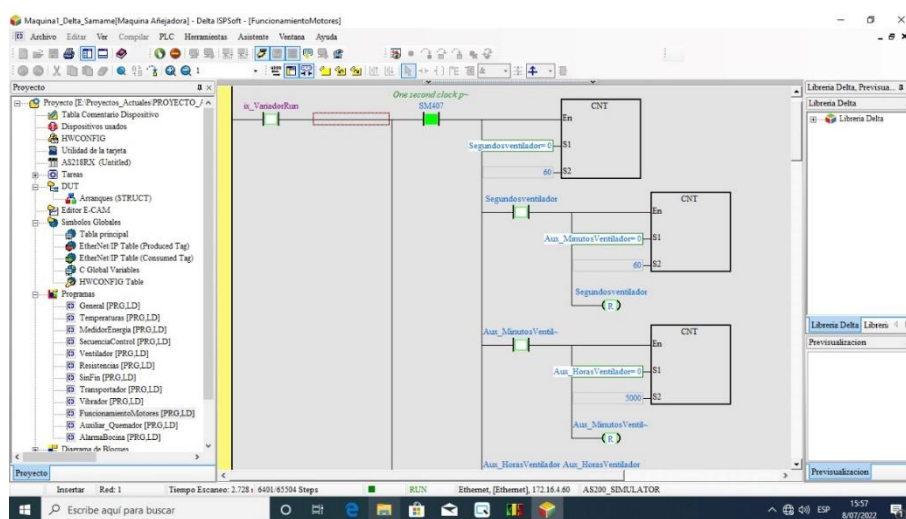


Fuente: elaboración propia

## Programa – alarma bocina

En esta sección están ubicados los bloques de control que permiten registrar todas las alarmas y fallas del proceso.

Figura 61 Programa PLC



Fuente: elaboración propia

## 4.4 Selección de equipos eléctricos y electrónicos

### PLC: AS218RX-A

El AS218RX-A es un controlador plc multipropósito de rango medio de alto rendimiento diseñado para todo tipo de equipos automatizados. Cuenta con CPU SoC de 32 bits de desarrollo propio de Delta para una velocidad de ejecución mejorada (40k pasos/ms) que admite hasta 32 módulos de extensión o hasta 1.024 entradas/salidas.

Fuente: (TECHNOLOGIES, 2022)

Figura 62 PLC



FUENTE: (TECHNOLOGIES, 2022)

**HMI:** DOP-107WV 65536 colors

Gracias a la avanzada tecnología de las pantallas HMI de Delta Electronics se puede monitorear y controlar varios dispositivos simultáneamente en tiempo real tanto para un monitoreo local en estación o realizarlo remotamente en otro lugar de tu planta. Equipos como Controladores de Temperatura, Variadores, PLC.

Fuente: (DELTA, 2022)

Figura 63 HMI



Fuente: (DELTA, 2022)

**Variador de frecuencia**

Variador regulador de frecuencia trifásico Delta, Serie VFD-E Potencia de salida 11 kW/ 15 hp 24 A Entrada trifásica 380 V salida trifásica 380 V Con filtro EMI integrado Puerto modbus RS-485 incluido Muy fácil manejo y programación.

Fuente: (ZUENDO, 2022)

Figura 64 VARIADOR



Fuente: (ZUENDO, 2022)

### **guardamotor**

los guardamotores son dispositivos de protección electromecánicos, diseñados para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de motores eléctricos.

Figura 65 GUARDAMOTOR



Fuente: (mekk, 2022)

### **Contactador**

El contactor es un dispositivo electromecánico que tiene la capacidad de interrumpir o establecer la corriente eléctrica de una carga.



Figura 66 CONTACTOR

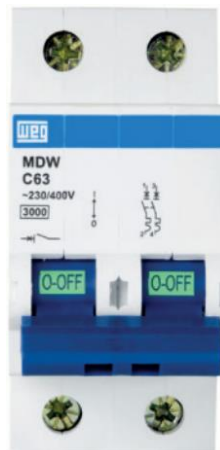


Fuente: (mekk, 2022)

### **Interruptor termomagnético de riel din**

Es un dispositivo diseñado para interrumpir el paso de corriente eléctrica cuando esta sobrepasa los valores nominales, es utilizado mayormente como dispositivo de protección termomagnética en circuitos de control.

Figura 67 Interruptor de riel din



Fuente: (mekk, 2022)

### **Interruptor termomagnético de caja moldeada**

Los interruptores termomagnéticos de Caja Moldeada o Moulded Case Circuit Breaker (MCCB), están diseñados para la protección de circuitos de sistemas de distribución en Baja Tensión de carácter Industrial. Su principal función es la protección contra las sobrecargas y cortocircuitos.

Figura 68 Interruptor de caja moldeada



Fuente: (mekk, 2022)

### **Motor eléctrico trifásico**

El Motor trifásico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Se utiliza mayormente para mover ventiladores, transportadores, etc.

Figura 69 Motor



Fuente: (mekk, 2022)

### **Medidor de energía**

Es un equipo electrónico que permite la supervisión de la calidad del suministro y del consumo de energía, que es el primer paso para reducir los costes operativos.

Los medidores son instrumentos de medida, cuyo uso es fundamental en la industria, cuando se quiere saber con precisión el comportamiento y parámetros de la red eléctrica instalada.

Figura 70 Medidor de energía



Fuente: (infoPLC, 2022)

### **Sensor Pt100**

El PT100 es un sensor de temperatura que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. Este sensor PT100 es el corazón sensible a la temperatura de cualquier termómetro de resistencia, se utiliza mayormente en hornos, secadores, etc.

Figura 71 Sensor de Temperatura



Fuente: (grm, 2022)

### **Relé de fases**

Son dispositivos electrónicos para el monitoreo de sistemas trifásicos, siempre que haya una anomalía, interrumpiendo la operación del proceso.

Figura 72 Relé de fases



Fuente: (weg, 2022)

### Fuente de alimentación

Una fuente de alimentación eléctrica es un sistema que suministra electricidad a los dispositivos eléctricos. Se utiliza para transformar la energía de la red eléctrica, adaptándola a las necesidades de alimentación de un determinado dispositivo.

Figura 73 Fuente de alimentación



Fuente: (Mega, 2022)

### Cálculos de equipos eléctricos según el arranque del motor

P= Potencia en watts

n= Eficiencia

F. P= Factor de potencia

V= Tensión nominal de red

In= corriente nominal

Ig= Corriente del guardamotor

Ic= Corriente del contactor

### Cálculos para el motor sin fin

Tabla 11 Potencia sin fin

Sin fin	
Potencia	1.33 KW
Corriente nominal In	$I_n = \frac{P}{V \times F \cdot P_x n \times \sqrt{3}} = \frac{1300}{380 \times 0.8 \times 0.9 \times \sqrt{3}} = 2.7A$
Guardamotor	Ig= 2.5 – 4A regulación en 2.7A
Contactor	Ic= In x 1.25 =3.37A

Fuente: elaboración propia

### Cálculos para el motor ventilador

Tabla 12 Potencia ventilador

Ventilador	
Potencia	11 KW
Corriente nominal In	$I_n = \frac{P}{V \times F \cdot P_x n \times \sqrt{3}} = \frac{11000}{380 \times 0.8 \times 0.9 \times \sqrt{3}} = 23.1A$
Guardamotor	Ig= 20 – 25A regulación en 23.1A
Variador de frecuencia	Corriente del variador= In=23.1A

Fuente: elaboración propia

### Cálculos para el vibrador

Tabla 13 Potencia transportador vibratorio

Transportador vibratorio	
Potencia	KW
Corriente nominal In	$I_n = \frac{P}{V \times F \cdot P_x n \times \sqrt{3}} = \frac{6500}{380 \times 0.8 \times 0.9 \times \sqrt{3}} = 13.7A$
Guardamotor	Ig= 10 – 16A regulación en 13.7A
Contactor	Ic= In x 1.25 =3.37A

Fuente: elaboración propia

**Determinar la potencia necesaria para el funcionamiento de la máquina.**

Motor de mayor potencia es de 11kw (ventilador centrifugo).

Los motores no funcionan al mismo tiempo por el diseño del proceso.

Determinaremos la potencia total a instalar teniendo como factor de seguridad un 25% mas con respecto al motor de mayor potencia (11kw), obteniendo una potencia de 13.75kw.

Tabla 14 Potencia requerida por la máquina

Potencia total instalada	
Potencia	13.75 KW
Corriente nominal $I_n$	$I_n = \frac{P}{V \times F \cdot \eta \times \sqrt{3}} = \frac{13500}{380 \times 0.8 \times 0.9 \times \sqrt{3}} = 28.4A$
Interruptor general	$I_{IG} = 28.4A$ , seleccionamos un ITM de 32-40A

#### 4.5 Evaluación de costos de diseño

Describiremos los costos que se emplearía si se construyera el prototipo para el envejecimiento de arroz.

##### Diseño propuesto

En el diseño presentado solo se utilizará 13.5 kW como potencia eléctrica instalada.

Tabla 15 Diseño propuesto

Diseño propuesto / capacidad 14.5 toneladas		
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO
1.01	Tablero eléctrico	82000\$
1.02	Cámara de envejecimiento	
1.03	Transportador Sin Fin	
1.04	Ventilador Centrifugó	
1.05	Transportador Vibratorio	
1.06	Sistema de calentamiento de aire	
1.07	Otros	
1.08	Mano de obra	
1.09	Diseño de Ingeniería	

Fuente: elaboración propia

##### Diseño existente

En el diseño existente se utilizará 64 kW como potencia eléctrica instalada.

Tabla 16 Diseño existente

Diseño existente / capacidad 7 toneladas		
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO
1.01	Tablero eléctrico	72500\$
1.02	Cámara de envejecimiento	
1.03	Transportador Sin Fin	
1.04	Ventilador Centrifugó	
1.05	Transportador Vibratorio	
1.06	Sistema de calentamiento de aire	
1.07	Otros	
1.08	Mano de obra	
1.09	Diseño de Ingeniería	

## **V. Conclusiones**

Se concluye que con el diseño presentado se alcanzado el objetivo general, además se lograra disminuir el costo de construcción, se lograra aumentara la capacidad de producción en un solo proceso lo que generaría un aumento en la rentabilidad y un costo menor en el servicio de añejado.

Se concluye que el sistema de control automatizado se adapta a cualquier manipulación de la temperatura durante el proceso, lo que permitirá un mayor control del mismo y mejor resultado en la variación de las propiedades físico químicas del arroz.

Se concluye que se disminuye gradualmente el tiempo de proceso comparando con el método tradicional (Artesanal).

Se concluye que se disminuye el consumo eléctrico en un 80%, lo que se significa un ahorro de operación como de instalación de la máquina.

Se concluye que se supera por mucho el objetivo propuesto, brindando un ahorro significativo de costos y tiempo de producción optimizando el proceso.



## **VI. Recomendaciones.**

Se recomienda realizar investigaciones que ayuden en el desarrollo al sector industrial.

Se recomienda automatizar los procesos industriales ya que se obtiene un mejor control del mismo lo que garantiza una menor pérdida de producto, además de paradas innecesarias del proceso.

Se recomienda dar un mayor enfoque universitario hacia las industrias lo que genere mayor interés de los estudiantes de realizar diseños que ayuden en el crecimiento industrial del país.

Se recomienda rediseñar maquinas que optimicen el proceso reduciendo costos de operación como de instalación.

## Referencias:

- Alamany. (17 de Enero de 2021). *Secado de arroz*. Obtenido de Alamany: <https://www.alamy.es/un-trabajador-vio-barrer-el-polvo-de-los-granos-de-arroz-en-un-campo-de-procesamiento-de-arroz-el-secado-de-los-granos-de-arroz-es-uno-de-los-pasos-mas-importantes-antes-de-enviarlos-al-molino-de-arroz-reduciendo-el-nivel-de-humedad-d>
- Allameh, A. (2021). Efecto de las propiedades de germinación de semillas de arroz secadas mediante secadora de recirculación. *Idesia(Arica)*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000100087>
- Alvarez Parra, R., Garcia Mendoza, P., Reyes Ramone, E., Acevedo Barona, M., & Torres Angarita, O. (2019). Efecto de la humedad de cosecha sobre la calidad del grano en arroz. *Oryza Sativa L*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Marco-Acevedo-4/publication/348155720\\_Harvest\\_humidity\\_effect\\_on\\_the\\_rice\\_grain\\_quality\\_Oryza\\_Sativa\\_L/links/5ff0ef4a92851c13fee2f1aa/Harvest-humidity-effect-on-the-rice-grain-quality-Oryza-Sativa-L.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marco-Acevedo-4/publication/348155720_Harvest_humidity_effect_on_the_rice_grain_quality_Oryza_Sativa_L/links/5ff0ef4a92851c13fee2f1aa/Harvest-humidity-effect-on-the-rice-grain-quality-Oryza-Sativa-L.pdf)
- Ascanio, I., & Ariza Quiñonez, S. (2018). Diseño de sistema de control automatizado para horno de tratamientos térmicos de Aceros Cúcuta–Colombia. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*. Obtenido de <https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/download/1696/1886>
- baltur. (02 de Julio de 2020). *Quemadores de gas*. Obtenido de baltur: [http://www.baltur.com/ww/es/productos/quemadores/quemadores\\_de\\_gas/btg](http://www.baltur.com/ww/es/productos/quemadores/quemadores_de_gas/btg)
- Blanco Romero, M. (2018). *Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo*[Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/121027>
- Bulnes Abundis, P. (2020). *Diseño de un horno eléctrico de piedra braza para vidrio soplado*[Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma Metropolitana]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11191/7056>
- Caiza Collaguazo, C. (2017). *Diseño y simulación de una máquina para demoler el ducto de vaciado del horno de arco eléctrico de la empresa Acería del Ecuador compañía anónima Adelca*[Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18949>
- Casiello, F., Galaretto, O., Farías, A., Herrera, L., Hollmann, D., & Castagnani, G. (2019). Diseño y modelización de equipo para el estudio del secado convectivo de granos de origen agrícola II. *Repositorio Institucional UCA*. Obtenido de <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/9636>

- Castillo , H., & Aristizabal, C. (2019). Diseño y construcción de un prototipo de máquina secadora de grano de cacao. *Corporación Universitaria Autónoma de Nariño*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12276/39>
- Chancafe Pisfil, L. (2019). *Propuesta de diseño de un sistema automatizado en el Área de Pre Limpieza de arroz para incrementar la productividad en la empresa Molinerías Grupo RAM S.A.C.[Tesis de Pregrado,Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2223>
- Cotrina Vilchez, J. (2019). *DISEÑO DE UNA MÁQUINA SECADORA DE GRANOS DE ARROZ PORTÁTIL CON CAPACIDAD DE SILO DE 7 M3 PARA LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES ARROCEROS DE LA REGIÓN LAMBAYEQUE – PERÚ*[Tesis de pregrado,Universidad Señor De Sipan]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/6349>
- Cotrina Vilchez, J., Alvarado Silva, C., & Vives Garnique, J. (2021). DISEÑO DE UNA MÁQUINA SECADORA DE GRANOS DE ARROZ PORTÁTIL CON CAPACIDAD DE SILO DE 7M3 PARA LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES ARROCEROS DE LA REGION LAMBAYEQUE-PERÚ. *Ingeniería:Ciencia,Tecnología e Innovación*. Obtenido de <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1536>
- Cumba Jaguaco, B. (2019). *Diseño e implementación de un horno eléctrico para el secado de motores en la empresa SIPROELECTRIK S.A.[Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio Universitario. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5533>
- Delgado Plaza, E., Peralta Jaramillo, J., Arevalo Quinto, A., & Avila Aguilar, W. (2019). Diseño de un Secador para cereales que utiliza como fuente de energía biomasa sólida-fuente eléctrica. Obtenido de <http://geolatitud.geoinvestigacion.gob.ec/ojs/ojs/index.php/congreso-idi/article/view/61>
- DELTA. (2022). *pantallas HMI*. Obtenido de DELTA: <https://deltaelectronicsdistribuidor.com.mx/hmi-delta/dop-100/>
- Duarte Barrero , D., & Vargas Alvarez , J. (2018). *DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS CON ATMÓSFERA CONTROLDA*[Tesis de pregrado ,Fundación universitaria los libertadores]. Repositorio universitario. Obtenido de <http://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/1562>
- Elemtechenergy. (s.f.). *Factor de Potencia*. Caracas.
- Fernández Gómez, T., Díaz Ruiz, D., Morejón Mesa, Y., & Domínguez Calvo, G. (2019). Evaluación tecnológica del proceso de secado industrial del arroz en el secadero Ramón López Peña. *Revista Ingeniería Agrícola*. Obtenido de <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1140>

- GABRIEL JOSIAS , D. (2020). *Diseño de un horno con intercambiador de calor para un sistema de secado de granos utilizando la cascarilla de arroz como materia prima en el molino "El Misti"*[Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3415>
- Gaona Barboza , R., & Torres Chapoñan, L. (2017). *Implementación de un prototipo secador automatizado tipo invernadero con tiro forzado para el secado de arroz con una capacidad de 1 kg*[Tesis de Pregrado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Universitario. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/4332>
- García Rodríguez, L., & Orozco Pilataxi, J. (2021). *Diseño eléctrico, modelación y simulación de la operación de un horno de arco eléctrico de 50 kg para el laboratorio de fundición de la Escuela Politécnica Nacional*[Tesis de pregrado, Escuela politécnica nacional]. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21314>
- Garrido Zafra, J. (2020). *Estrategia de gestión energética en hornos eléctricos de resistencias incluyendo restricciones de calidad de suministro*[Tesis de Maestría, Universidad d cordova]. Repositorio universitario. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10396/20069>
- grm. (2022). *sonda de temperatura pt100*. Obtenido de grm: <https://www.grm.com.es/es/producto/instrumentacion/temperatura/indicadores-de-temperatura/sonda-de-temperatura/>
- Heinkel Korolev, S. (2020). *Influencia de la humedad y variedad del arroz en cáscara en el rendimiento molinero del grano*[Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Universitario. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8553>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hernández Torres, Y., Torres Zuñiga, W., & Moreno Contreras, G. (2020). *Diseño, cálculo y construcción de un horno de lecho fluidizado alimentado con cascarilla de arroz para secado de arroz paddy*. Universidad Santo Tomás. Obtenido de <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/2001>
- Holman, J. P. (1999). *Transferencia de calor*. (R. V. M., Trad.) Mexico: COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. de C.V. Obtenido de <https://fenomenosdetransporte.files.wordpress.com/2008/10/transferencia-de-calor-holman.pdf>
- Huarac Rojas, D., & Sáenz Loayza, B. (2019). *Diseño de controlador proporcional integral derivativo de temperatura de un horno eléctrico para cocción de pan y productos similares*. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Obtenido de <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/prospectiva/article/view/1035>

- Idrogo Baca , E. (2019). *Diseño de un sistema de control de temperatura en el proceso de secado de arroz, aplicando lógica difusa, para disminuir el porcentaje de quebrado de arroz, del Molino Sudamerica de Lambayeque*[Tesis de Pregrado,Universidad Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Universitario. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2119>
- INDUHORST. (2022). *ENVEJECEDORA DE ARROZ*. Obtenido de INDUHORST: <https://www.induhorst.com/servicios>
- infoPLC. (2022). *Medidor de Energía*. Obtenido de infoPLC: <https://www.infoplac.net/noticias/item/102405-medidor-potencia-delta-dpm-c530a>
- Key Technology, i. (23 de agosto de 2013). *Transportador vibratorio*. Obtenido de Reportero Industrial: <https://www.reporteroindustrial.com/temas/Transportador-vibratorio-higienico,-Iso-Flo+10093735>
- Lorenzana Ruiz , A. (2018). *Diseño de Alimentadora de Materia Prima Automatizada para Hornos de Inducción*[Tesis de pregrado,Tecnologico nacional de Mexico]. Repositorio Universitario. Obtenido de <http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2012>
- Martínez Zapata , G. (2021). *Determinación de parámetros óptimos durante el secado artesanal de arroz Paddy de variedad Nir*[Tesis de Pregrado,Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Universitario. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9353>
- Mata Balón , C. (2018). *Análisis del control de calidad en los procesos de almacenamiento y conservación de arroz y maíz en las empresas agroindustriales del cantón Daule*[Tesis de Pregrado,Universidad de Guayaquil]. Repositorio Universitario. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28778>
- Matamoros Galan, I., & Chichande Solano, D. (2021). *Diseño de un Prototipo de Sistema de Control para temperatura y humedad en el almacenamiento de arroz, utilizando Sistemas embebidos*[Tesis de Pregrado,Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador]. Repositorio Universitario. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21404>
- Mega. (2022). *fuentes de alimentación*. Obtenido de Mega: [https://megaindustrial.shop/dvpps01\\_p6029050.htm#reviews](https://megaindustrial.shop/dvpps01_p6029050.htm#reviews)
- MEJÍA BURGA, E., & MONDRAGÓN CRUZ, D. (2020). *Efecto de la temperatura y el tiempo en el proceso de añejamiento artificial de arroz, sobre sus características fisicoquímicas*[Tesis de pregrado,Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8221>

- mekk. (2022). *Interruptores termomagneticos*. Obtenido de mekk: <https://mekk.pe/interruptores>
- mekk. (2022). *Linea de contactores*. Obtenido de mekk: <https://mekk.pe/contactores>
- mekk. (2022). *Linea de guardamotores*. Obtenido de mekk: <https://mekk.pe/guardamotores>
- mekk. (2022). *Motores eléctricos*. Obtenido de mekk: <https://mekk.pe/motores-el%C3%A9ctricos>
- MINAGRI. (2017). *Bletín informe de arroz*. Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2017?download=11200:boletin-informe-de-arroz>
- MINAGRI. (2018). *BOLETÍN INFORMATIVO DEL SECTOR ARROCERO*. Obtenido de [https://riceobservatory.org/files/Brief\\_FLAR\\_Peru.pdf](https://riceobservatory.org/files/Brief_FLAR_Peru.pdf)
- MINAGRI. (2019). *IV CENSO NACIONAL DE ARROZ*. Obtenido de <https://www.dramdd.gob.pe/wp-content/uploads/delightful-downloads/2019/05/RESULTADOS-IV-CENSO-NACIONAL-ARROZ-2019.pdf>
- MINAGRI. (2020). *PRODUCCIÓN Y COMERCIO MUNDIAL*. Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1026014/Commodities\\_arroz\\_abr-jun\\_2020.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1026014/Commodities_arroz_abr-jun_2020.pdf)
- Miranda Delgado , E. (2020). *Estudio técnico - económico para crear una planta productora de secadoras industriales para productos agrícolas*[*Título de Pregrado,Universidad de Guayaquil*]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51297>
- Morales Huaracallo, C., & Quispe Jahuir, A. (2022). *Diseño y construcción de un prototipo de horno a gas para reducir el tiempo de cocción de cerámica, para el taller de cerámica Jallpa-Pucara*[*Tesis de Pregrado,Universidad Nacional del Altiplano*]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/18270>
- MORÁN RODRÍGUEZ , D. (2017). *Elaboración de un prototipo de secadora de granos agrícolas de la zona de influencia de la UTEQ para la optimización de energía manteniendo las características optimas del producto*[*Tesis de pregrado,Universidad Tecnica Estatal de Quevedo*]. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2886>
- Muñoz C., R. (1990). *Manejo De Postcocecha De arroz*. Obtenido de INIA: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/27082>
- Padilla Taco, J. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA ETAPA DE CONTROL DE UN HORNO ELÉCTRICO DE SECADO*[*Tesis de Pregrado*]. Repositorio Universitario. Obtenido de <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/1459>

- Pisfil Fernández, D. (2021). *Evaluación del efecto de la temperatura y tiempo de añejamiento artificial en la calidad culinaria de arroz (Oryza sativa)*[Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7711/Pisfil%20Fern%C3%A1ndez%20Darwin%20Jos%C3%A9.pdf?sequence=1>
- Prada Quevedo, D. (2020). *Diseño de un sistema Scada para optimizar el proceso de producción de la semilla de arroz en la empresa Inia*[Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Universitario. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3443>
- Quenta Ccaso, W., & Hanco Chambi, E. (2019). *Metodología para el diseño de un controlador difuso aplicado a hornos industriales de petróleo*[Tesis de pregrado, Universidad nacional del altiplano]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12533>
- QUINGATUÑA GALLARDO, J., & SIGCHA CUNALATA, K. (2013). *Diseño y construcción de un prototipo para el envejecimiento de arroz con capacidad de 40 Kg/día*[Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4440>
- Quiroz Aguas, C., & Villacís Vásquez, S. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de control automático para dos hornos a vapor utilizados para la elaboración de embutidos*[Tesis de Pregrado, Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE]. Repositorio Universitario. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22612/1/T-ESPE-043915.PDF>
- Ravenet Catalan, J. (1977). *SILOS Teoria Investigacion Construccion*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/144579410/SILOS-Teoria-Investigacion-Construccion>
- Ray, S. (2008). *Introduction to Materials. Conveyors*. Obtenido de New Age International Publishers: <https://industri.fatek.unpatti.ac.id/wp-content/uploads/2019/03/137-Introduction-to-Materials-Handling-Sidphartha-Ray-Edisi-1-2008.pdf>
- Rivera Grijalva, P. (2013). *Diseño y construcción de un sistema automático de dosificación de micro nutrientes para optimizar el proceso de producción en la empresa AVIPAZ CÍA. LTDA.*[Tesis de Pregrado, Universidad de Las Fuerzas Armadas - ESPE]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7206>
- Rojas, M., Prado, O., Zambrano, A., & Carvajal, O. (2021). Modelo matemático basado en aprendizaje de máquina para la predisposición automática del flujo de cal y hrd en hornos eléctricos. *UNIVERSIDAD, CIENCIA y TECNOLOGÍA*. Obtenido de

<https://scholar.archive.org/work/2xe67kj4zfhwpmxkbajjn57nbm/access/wayback/http://athenea.autanabooks.com/index.php/revista/article/download/25/65>

- Romero Ramírez, J. (2017). *Proyecto de inversión para la adquisición de seis envejecedoras de arroz en la Planta Comercializadora Ledesma & Ledesma AGROGRULED S.A.*[Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9321>
- Saltos Herrera, W. (2018). *Modelamiento matemático del proceso de secado del arroz en piladoras de la población de Yaguachi*[Tesis de Pregrado, Universidad Estatal del Milagro]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3895>
- Sánchez Vivas , M., & Santisteban Guerrero, G. (2021). *Sistema de supervisión y control de temperatura para un silo de almacenamiento de arroz en la Molinera Molinor-Lambayeque*[Tesis de Pregrado, Universidad Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Universitario. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9723>
- Santiago Pita, J., & Sotelo Ramírez, J. (2019). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de arroz añejado (oryza sativa)*[Tesis de Pregrado, Universidad de Lima]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12724/9335>
- SIEMON. (2022). *Ethernet/IP*. Obtenido de SIEMON: <https://www.siemon.com/es/home/support/education/white-papers/03-10-13-ethernet-ip#:~:text=Ethernet%2FIP%20es%20un%20protocolo,controlar%20dispositivos%20de%20automatizaci%C3%B3n%20industrial>.
- SODECA. (06 de JULIO de 2022). *Ventiladores centrifugos*. Obtenido de SODECA: <https://www.sodeca.com/es/productos?fil=60>
- SPDA, S. P. (2002). *Proyecto Piloto Demostrativo Ambiental "Gestión Ambiental de Aceites Usados"*. Perú. Lima.
- Suarez Infante, E. (2019). *Diseño de un horno de inducción para fundición de aluminio*[Tesis de Pregrado, Universidad de América]. Repositorio Universitario. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7549>
- TECHNOLOGIES, P. (2022). *S218RX-A - Delta AS200 PLC, 8DI, 6DO, 2AI, 2AO, Relé*. Obtenido de PLC TECHNOLOGIES: <https://www.plctechnologies.co.za/as218rx-a>
- Tello Carrillo, O. (2017). *Estudio de los parámetros termo físicos en el proceso de secado artesanal de Okara de soya en horno de convección a gas*[Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universitario. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24593>



- UPME, U. d.-E. (2001). *Transformación de los aceites usados para su utilización como energéticos en procesos de combustión*. República de Colombia. Bogotá D.C.
- Vargas Servín, E. (2018). Diseño de un horno multifuncional para piezas de pequeño formato. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11191/6277>
- Villada Molina, O., Hincapié Marín, O., & Henao Castañeda, F. (2017). *Diseño, construcción y simulación de la automatización de una máquina selectora de tuercas según su tamaño*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84953103004>
- Weather rpark. (18 de Junio de 2022). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Chiclayo*. Obtenido de Weather rpark;: <https://es.weatherspark.com/y/19294/Clima-promedio-en-Chiclayo-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Temperature>
- weg. (2022). *Reles electronicos*. Obtenido de weg: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h3d/hb4/WEG-reles-electronicos-50034664-catalogo-espanol.pdf>
- weg. (s.f.). *Reles electronicos*. Obtenido de weg: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h3d/hb4/WEG-reles-electronicos-50034664-catalogo-espanol.pdf>
- YUNUS A., C. (1995). *TRASNSFERENCIA DE CALOR Y MASA*. MEXICO: Editorial McGraw-Hill.
- ZUENDO. (2022). *VARIADOR DE FRECUENCIA 11 KW TRIFÁSICO 380 V DELTA VFD-E*. Obtenido de ZUENDO: <https://www.zuendo.com/variadores-de-frecuencia/5063-variador-de-frecuencia-11-kw-trifasico-380-v-delta-vfd-e.html>

## Anexos:

### Anexo 1

Tabla 17 Factores de conversión

#### Factores de conversión

Dr. Carlos Rubio Maya  
Facultad de Ingeniería Mecánica, U.M.S.N.H.

Septiembre 2011

DIMENSION	METRICO	METRICO / INGLÉS
Aceleración	$1 m/s^2 = 100 cm/s^2$	$1 m/s^2 = 3.2808 ft/s^2$ $1 ft/s^2 = 0.3048 m/s^2$
Area	$1 m^2 = 10^4 cm^2 = 10^6 mm^2 = 10^{-6} km^2$	$1 m^2 = 1550 in^2 = 10.764 ft^2$ $1 ft^2 = 144 in^2 = 0.09290304 m^2$
Densidad	$1 g/cm^3 = 1 kg/L = 1000 kg/m^3$	$1 g/cm^3 = 62.428 lbm/ft^3 = 0.036127 lbm/in^3$ $1 lbm/in^3 = 1728 lbm/ft^3$ $1 kg/m^3 = 0.062428 lbm/ft^3$
Energía	$1 kJ = 1000 J = 1000 N \cdot m = 1 kPa \cdot m^3$ $1 kJ/kg = 1000 m^2/s^2$ $1 kWh = 3600 kJ$ $1 cal = 4.184 J$ $1 ITcal = 4.1868 J$ $1 Cal = 4.1868 kJ$	$1 kJ = 0.94782 Btu$ $1 Btu = 1.055056 kJ$ $= 5.40395 psia \cdot ft^3 = 778.169 lbf \cdot ft$ $1 Btu/lbm = 25,037 ft^2/s^2 = 2.326 kJ/kg$ $1 kJ/kg = 0.430 Btu/lbm$ $1 kWh = 3412.14 Btu$ $1 termia = 10^5 Btu = 1.055 \times 10^5 kJ (G.N.)$
Fuerza	$1 N = 1 kg \cdot m/s^2 = 10^5 dina$ $1 kgf = 9.80665 N$	$1 N = 0.22481 lbf$ $1 lbf = 32.174 lbm \cdot ft/s^2 = 4.44822 N$
Flujo de calor	$1 W/cm^2 = 10^4 W/m^2$	$1 W/m^2 = 0.3171 Btu/h \cdot ft^2$
Coefficiente de transferencia de calor	$1 W/m^2 \cdot ^\circ C = 1 W/m^2 \cdot K$	$1 W/m^2 \cdot ^\circ C = 0.17612 Btu/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$
Longitud	$1 m = 100 cm = 1000 mm = 10^6 \mu m$ $1 km = 1000 m$	$1 m = 39.370 in = 3.2808 ft = 1.0926 yd$ $1 ft = 12 in = 0.3048 m$ $1 milla = 5280 ft = 1.6093 km$ $1 in = 2.54 cm$
Masa	$1 kg = 1000 g$ $1 ton metrica = 1000 kg$	$1 kg = 2.2046226 lbm$ $1 lbm = 0.45359237 kg$ $1 onza = 28.3495 g$ $1 slug = 32.174 lbm = 14.5939 kg$ $1 ton corta = 2000 lbm = 907.1847 kg$
Potencia	$1 W = 1 J/s$ $1 kW = 1000 W = 1.341 hp$ $1 hp = 745.7 kW$	$1 kW = 3412.14 Btu/h$ $= 737.56 lbf \cdot ft/s$ $1 hp = 550 lbf \cdot ft/s = 0.7068 Btu/s$ $= 42.41 Btu/min = 2544.5 Btu/h$ $= 0.74570 kW$ $1 hp caldera = 33,475 Btu/h$ $1 Btu/h = 1.055056 kJ/h$ $1 ton de refrigeracion = 200 Btu/min$
Presión	$1 Pa = 1 N/m^2$ $1 kPa = 10^3 Pa = 10^{-3} MPa$ $1 atm = 101.325 kPa = 1.01325 bars$ $= 760 mm Hg (0^\circ C) = 760 torr$ $= 1.03323 kgf/cm^2 = 10.3323 m.c.a.$ $1 mm Hg = 0.1333 kPa$	$1 Pa = 1.4504 \times 10^{-4} psia$ $= 0.020886 lbf/ft^2$ $1 psi = 144 lbf/ft^2 = 6.894757 kPa$ $1 atm = 14.696 psia = 29.92 in Hg (30^\circ F)$ $1 in Hg = 3.387 kPa$

Fuente: (Rubio Maya, 2011)

## Anexo 2

Tabla 18 Factores de conversión

DIMENSION	METRICO	METRICO/INGLES
Calor específico	$1 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} = 1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$	$1 \text{ Btu/lbm} \cdot ^\circ\text{F} = 4.168 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ $1 \text{ Btu/lbmol} \cdot \text{R} = 4.1868 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K}$ $1 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} = 0.23885 \text{ Btu/lbm} \cdot \text{F}$ $= 0.23885 \text{ Btu/lbm} \cdot \text{R}$
Volumen específico	$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 1000 \text{ L/kg} = 1000 \text{ cm}^3/\text{g}$	$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 16.02 \text{ ft}^3/\text{lbm}$ $1 \text{ ft}^3/\text{lbm} = 0.062428 \text{ m}^3/\text{kg}$
Temperatura	$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$ $\Delta T(\text{K}) = \Delta T(^{\circ}\text{C})$	$T(\text{R}) = T(^{\circ}\text{F}) + 459.67 = 1.8T(\text{K})$ $T(^{\circ}\text{F}) = 1.8T(^{\circ}\text{C}) + 32$ $\Delta T(^{\circ}\text{F}) = \Delta T(\text{R}) = 1.8 \Delta T(\text{K})$
Conductividad térmica	$1 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C} = 1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$	$1 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C} = 0.57782 \text{ Btu/h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}$
Velocidad	$1 \text{ m/s} = 3.60 \text{ km/h}$	$1 \text{ m/s} = 3.2808 \text{ ft/s} = 2.237 \text{ mi/h}$ $1 \text{ mi/h} = 1.46667 \text{ ft/s}$ $1 \text{ mi/h} = 1.6093 \text{ km/h}$
Volumen	$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} = 10^6 \text{ cm}^3$	$1 \text{ m}^3 = 6.1024 \times 10^4 \text{ in}^3 = 35.315 \text{ ft}^3$ $= 264.17 \text{ gal}(US)$ $1 \text{ US galon} = 231 \text{ in}^3 = 3.7854 \text{ L}$ $1 \text{ fl onza} = 29.5735 \text{ cm}^3 = 0.0295735 \text{ L}$ $1 \text{ US galon} = 120 \text{ fl onzas}$
Flujo volumétrico	$1 \text{ m}^3/\text{s} = 60,000 \text{ L/min} = 10^6 \text{ cm}^3/\text{s}$	$1 \text{ m}^3/\text{s} = 15,850 \text{ gal/min} (\text{gpm}) = 35.315 \text{ ft}^3/\text{s}$ $= 2118.9 \text{ ft}^3/\text{min} (\text{cfm})$
Viscosidad	$1 \text{ Poise}(P) = 1 \text{ g/cm} \cdot \text{s} = 0.1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$	$1 \text{ slug/ft} \cdot \text{s} = 47.88 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ $1 \text{ lbm/ft} \cdot \text{s} = 0.031081 \text{ lbf} \cdot \text{s/ft}^2$

### Constantes físicas

Constante universal de los gases	$R_u = 8.31447 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K}$ $= 8.31447 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3/\text{kmol} \cdot \text{K}$ $= 0.0831447 \text{ bar} \cdot \text{m}^3/\text{kmol} \cdot \text{K}$ $= 82.05 \text{ L} \cdot \text{atm}/\text{kmol} \cdot \text{K}$ $= 1.9858 \text{ Btu/lbmol} \cdot \text{R}$ $= 1545.37 \text{ ft} \cdot \text{lbf}/\text{lbmol} \cdot \text{R}$ $= 10.73 \text{ psia} \cdot \text{ft}^3/\text{lbmol} \cdot \text{R}$
Aceleración de la gravedad estándar	$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ $= 32.174 \text{ ft/s}^2$
Presión atmosférica estándar	$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$ $= 1.01325 \text{ bar}$ $= 14.696 \text{ psia}$ $= 760 \text{ mm Hg} (0^{\circ}\text{C})$ $= 29.9213 \text{ in Hg} (32^{\circ}\text{F})$ $= 10.3323 \text{ m H}_2\text{O} (4^{\circ}\text{C})$
Constante de Stefan-Boltzmann	$\sigma = 5.6704 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ $= 0.1714 \times 10^{-8} \text{ Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{R}^4$
Constante de Boltzmann	$k = 1.380650 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
Velocidad de la luz en el vacío	$c_o = 2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$ $= 9.836 \times 10^8 \text{ ft/s}$
Velocidad del sonido en aire seco (0°C y 1 atm)	$c = 331.6 \text{ m/s}$ $= 1089 \text{ ft/s}$
Calor de fusión del agua (1 atm)	$h_{if} = 333.7 \text{ kJ/kg}$ $= 143.5 \text{ Btu/lbm}$
Entalpía de vaporización del agua (1 atm)	$h_{fg} = 2256.5 \text{ kJ/kg}$ $= 970.12 \text{ Btu/lbm}$

Fuente: (Rubio Maya, 2011)

## Anexo 3

Tabla 19 Calores específicos

TABLA A-1					
Masa molar, gas constante y calores específicos de ciertas sustancias					
Sustancia	Masa molar <i>M</i> , kg/kmol	Gas Constante <i>R</i> , kJ/kg · K*	Calores específicos a 25°C		
			<i>c<sub>p</sub></i> , kJ/kg · K	<i>c<sub>v</sub></i> , kJ/kg · K	<i>k</i> = <i>c<sub>p</sub></i> / <i>c<sub>v</sub></i>
Aire	28.97	0.2870	1.005	0.7180	1.400
Amoniaco, NH <sub>3</sub>	17.03	0.4882	2.093	1.605	1.304
Argón, Ar	39.95	0.2081	0.5203	0.3122	1.667
Bromo, Br <sub>2</sub>	159.81	0.05202	0.2253	0.1732	1.300
Isobutano, C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.12	0.1430	1.663	1.520	1.094
<i>n</i> -Butano, C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.12	0.1430	1.694	1.551	1.092
Carbono, bióxido de, CO <sub>2</sub>	44.01	0.1889	0.8439	0.6550	1.288
Carbono, monóxido de, CO	28.01	0.2968	1.039	0.7417	1.400
Cloro, Cl <sub>2</sub>	70.905	0.1173	0.4781	0.3608	1.325
Clorodifluorometano (R-22), CHClF <sub>2</sub>	86.47	0.09615	0.6496	0.5535	1.174
Etano, C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30.070	0.2765	1.744	1.468	1.188
Etileno, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28.054	0.2964	1.527	1.231	1.241
Fluoruro, F <sub>2</sub>	38.00	0.2187	0.8237	0.6050	1.362
Helio, He	4.003	2.077	5.193	3.116	1.667
<i>n</i> -Heptano, C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100.20	0.08297	1.649	1.566	1.053
<i>n</i> -Hexano, C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86.18	0.09647	1.654	1.558	1.062
Hidrógeno, H <sub>2</sub>	2.016	4.124	14.30	10.18	1.405
Kriptón, Kr	83.80	0.09921	0.2480	0.1488	1.667
Metano, CH <sub>4</sub>	16.04	0.5182	2.226	1.708	1.303
Neón, Ne	20.183	0.4119	1.030	0.6180	1.667
Nitrógeno, N <sub>2</sub>	28.01	0.2968	1.040	0.7429	1.400
Óxido nítrico, NO	30.006	0.2771	0.9992	0.7221	1.384
Nitrógeno, bióxido de, NO <sub>2</sub>	46.006	0.1889	0.8060	0.6171	1.306
Oxígeno, O <sub>2</sub>	32.00	0.2598	0.9180	0.6582	1.395
<i>n</i> -Pentano, C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72.15	0.1152	1.664	1.549	1.074
Propano, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44.097	0.1885	1.669	1.480	1.127
Propileno, C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42.08	0.1976	1.531	1.333	1.148
Agua, H <sub>2</sub> O	18.015	0.4615	1.865	1.403	1.329
Sulfuro, bióxido de, SO <sub>2</sub>	64.06	0.1298	0.6228	0.4930	1.263
Tetraclorometano, CCl <sub>4</sub>	153.82	0.05405	0.5415	0.4875	1.111
Tetrafluoroetano (R-134a), C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	102.03	0.08149	0.8334	0.7519	1.108
Trifluoroetano (R-143a), C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	84.04	0.09893	0.9291	0.8302	1.119
Xenón, Xe	131.30	0.06332	0.1583	0.09499	1.667

\*La unidad kJ/kg · K es equivalente a kPa · m<sup>3</sup>/kg · K. La constante de gas se calcula de  $R = R_u/M$ , donde  $R_u = 8.31447$  kJ/kmol · K como el gas constante universal y  $M$  la masa molar.

Fuente: Valores de calores específicos se obtuvieron principalmente de rutinas de propiedad preparadas por The National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, MD.

Fuente: (YUNUS A., 1995)

## Anexo 4

Tabla 20 Propiedades del aire a la presión de 1 atm

TABLA A-15							
Propiedades del aire a la presión de 1 atm							
Temp., T, °C	Densidad, $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Calor específico, $c_p$ , J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, $\alpha$ , m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Viscosidad dinámica, $\mu$ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, $\nu$ , m <sup>2</sup> /s	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-6}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-5}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-5}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-5}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-5}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-5}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-5}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-5}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-5}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-5}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	$4.241 \times 10^{-5}$	$2.420 \times 10^{-5}$	$2.975 \times 10^{-5}$	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	$4.593 \times 10^{-5}$	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.212 \times 10^{-5}$	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	$4.954 \times 10^{-5}$	$2.577 \times 10^{-5}$	$3.455 \times 10^{-5}$	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	$5.890 \times 10^{-5}$	$2.760 \times 10^{-5}$	$4.091 \times 10^{-5}$	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	$6.871 \times 10^{-5}$	$2.934 \times 10^{-5}$	$4.765 \times 10^{-5}$	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	$7.892 \times 10^{-5}$	$3.101 \times 10^{-5}$	$5.475 \times 10^{-5}$	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	$8.951 \times 10^{-5}$	$3.261 \times 10^{-5}$	$6.219 \times 10^{-5}$	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	$1.004 \times 10^{-4}$	$3.415 \times 10^{-5}$	$6.997 \times 10^{-5}$	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	$1.117 \times 10^{-4}$	$3.563 \times 10^{-5}$	$7.806 \times 10^{-5}$	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	$1.352 \times 10^{-4}$	$3.846 \times 10^{-5}$	$9.515 \times 10^{-5}$	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	$1.598 \times 10^{-4}$	$4.111 \times 10^{-5}$	$1.133 \times 10^{-4}$	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	$1.855 \times 10^{-4}$	$4.362 \times 10^{-5}$	$1.326 \times 10^{-4}$	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	$2.122 \times 10^{-4}$	$4.600 \times 10^{-5}$	$1.529 \times 10^{-4}$	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	$2.398 \times 10^{-4}$	$4.826 \times 10^{-5}$	$1.741 \times 10^{-4}$	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	$3.908 \times 10^{-4}$	$5.817 \times 10^{-5}$	$2.922 \times 10^{-4}$	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	$5.664 \times 10^{-4}$	$6.630 \times 10^{-5}$	$4.270 \times 10^{-4}$	0.7539

Nota: Para los gases ideales, las propiedades  $c_p$ ,  $k$ ,  $\mu$  y Pr son independientes de la presión. Las propiedades  $\rho$ ,  $\nu$  y  $\alpha$  a una presión  $P$  (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de  $\rho$ ,  $\nu$  y  $\alpha$  a la temperatura dada, por  $P$  y al dividir  $\nu$  y  $\alpha$  entre  $P$ .

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, ISBN 0-306067020-8.

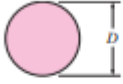

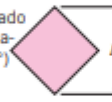



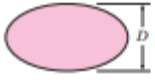
Fuente: (YUNUS A., 1995)

## Anexo 5

Tabla 21 Correlaciones empíricas para el número de Nusselt

**TABLA 7-1**

Correlaciones empíricas para el número de Nusselt promedio, para convección forzada sobre cilindros circulares y no circulares en flujo cruzado (tomado de Zukauskas, Ref. 14, y Jakob, 1949)

Sección transversal del cilindro	Fluido	Rango de Re	Número de Nusselt
Círculo 	Gas o líquido	0.4-4 4-40 40-4 000 4 000-40 000 40 000-400 000	$Nu = 0.989Re^{0.330} Pr^{1/3}$ $Nu = 0.911Re^{0.385} Pr^{1/3}$ $Nu = 0.683Re^{0.466} Pr^{1/3}$ $Nu = 0.193Re^{0.618} Pr^{1/3}$ $Nu = 0.027Re^{0.805} Pr^{1/3}$
Cuadrado 	Gas	5 000-100 000	$Nu = 0.102Re^{0.675} Pr^{1/3}$
Cuadrado (inclinado 45°) 	Gas	5 000-100 000	$Nu = 0.246Re^{0.588} Pr^{1/3}$
Hexágono 	Gas	5 000-100 000	$Nu = 0.153Re^{0.638} Pr^{1/3}$
Hexágono (inclinado 45°) 	Gas	5 000-19 500 19 500-100 000	$Nu = 0.160Re^{0.638} Pr^{1/3}$ $Nu = 0.0385Re^{0.782} Pr^{1/3}$
Placa vertical 	Gas	4 000-15 000	$Nu = 0.228Re^{0.731} Pr^{1/3}$
Elipse 	Gas	2 500-15 000	$Nu = 0.248Re^{0.612} Pr^{1/3}$

Fuente: (YUNUS A., 1995)

## Anexo 6

### Tabla 22 Ventiladores centrífugos



#### CMR

Ventiladores centrífugos de media presión y simple aspiración, de gran robustez, equipados con turbinas con álabes hacia atrás.

- Ventilador:**
- Envoltorio en chapa de acero.
  - Turbina con álabes a reacción, en chapa de acero de gran robustez.
  - Trifásicos 230/400V-50Hz (hasta 4kW) y 400/690V-50Hz (potencias superiores a 4kW).
  - Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C + 120°C.
- Motor:**
- Motores de eficiencia IE3 para potencias iguales o superiores a 0,75kW, excepto monofásicos, 2 velocidades y 8 polos.
  - Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55.
- Acabado:**
- Anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 190 °C, previo desengrase con tratamiento nanotecnológico libre de fosfatos.
- Bajo demanda:**
- Bobinados especiales para diferentes tensiones.
  - Ventilador preparado para transportar aire hasta 250°C.
  - Ventilador en acero inoxidable.
  - Certificación ATEX Categoría 2 (ver serie CMR/ATEX).

COD.	Modelo	Velocidad (r/min)	Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Accordng ErP	PVP €
1014298	CMR-1031-2T IE3	2875	1,50	5160	80	2015	1.221,35
1014305	CMR-1135-2T IE3	2910	2,20	7800	83	2015	1.406,70
1014315	CMR-1240-2T IE3	2900	4,00	11100	86	2015	1.826,30
1014319	CMR-1240-4T IE3	1420	0,75	5800	71	2015	1.487,55
1024611	CMR-1445-2T IE3	2920	7,50	16200	87	2015	2.410,65
1014326	CMR-1445-4T IE3	1455	1,10	8020	72	2015	1.691,05
1024636	CMR-1650-2T IE3	2945	11,00	18620	89	2015	3.483,90
1014337	CMR-1650-4T IE3	1440	1,50	10200	74	2015	1.995,45
1014349	CMR-1856-4T IE3	1440	3,00	15150	79	2015	2.549,60
1014358	CMR-2063-4T IE3	1465	5,50	24420	80	2015	3.141,70
1014360	CMR-2063-6T IE3	950	1,50	16100	71	2015	2.918,05
1024724	CMR-2271-4T IE3	1470	11,00	24610	85	2015	4.257,30
1014371	CMR-2271-6T IE3	970	3,00	22750	76	2015	3.848,60
1024764	CMR-2380-4T IE3	1470	22,00	48000	83	2015	8.503,10
1024772	CMR-2380-6T IE3	975	7,50	30000	75	2015	7.565,05



#### CBP CBPC

CBP: Ventiladores centrífugos de media presión y simple aspiración, equipados con turbinas con álabes hacia atrás con efecto autolimpieza, especialmente diseñados para cabinas de pintura.

CBPC: Ventiladores centrífugos de media presión y simple aspiración, equipados con turbinas con álabes hacia atrás con efecto autolimpieza, especialmente diseñados para cabinas de pintura, con salida vertical.

- Ventilador:**
- Envoltorio en chapa de acero.
  - Turbina con álabes a reacción, en chapa de acero.
  - Tapa de inspección.
  - CBPC: con salida vertical.
  - 0,75kW, excepto monofásicos, 2 velocidades y 8 polos.
  - Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55.
  - Trifásicos 230/400V-50Hz (hasta 4kW).
  - Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C + 120°C.
- Motor:**
- Motores de eficiencia IE3 para potencias iguales o superiores a
- Acabado:**
- Anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 190 °C, previo desengrase con tratamiento nanotecnológico libre de fosfatos.
- Bajo demanda:**
- Bobinados especiales para diferentes tensiones.
  - Certificación ATEX Categoría 2.

COD.	COD.	Modelo	Velocidad (r/min)	Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Accordng ErP	PVP € CBP	PVP € CBPC
1015731	1015725	CBP CBPC 1445-4T IE3	1455	1,10	8200	73	2015	1.496,80	1.712,45
1015735	1015727	CBP CBPC 1650-4T-2 IE3	1440	1,50	11050	76	2015	1.716,80	1.941,60
1015736	1015728	CBP CBPC 1650-4T-3 IE3	1435	2,20	13500	78	2015	1.801,25	2.021,80
1015733	1015726	CBP CBPC 1556-4T IE3	1440	3,00	14000	80	2015	1.955,65	2.266,15
1015739	1015729	CBP CBPC 1856-4T-4 IE3	1440	3,00	16100	80	2015	2.148,15	2.426,45
1015740	1015730	CBP CBPC 1856-4T-5.5 IE3	1450	4,00	17200	82	2015	2.344,90	2.588,10

Fuente: (SODECA, 2022)

## Anexo 7

Tabla 23 Valores de propiedades para los metales

Tabla A-2 Valores de propiedades para metales\*

Metal	Propiedades a 20 °C				Conductividad térmica $k$ W/m. °C									
	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$C_p$ , kJ/ kg·°C	$k$ , W/ m·°C	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s $\times 10^5$	-100 °C -148 °F	0 °C 32 °F	100 °C 212 °F	200 °C 392 °F	300 °C 572 °F	400 °C 752 °F	600 °C 1112 °F	800 °C 1472 °F	1000 °C 1832 °F	1200 °C 2192 °F
Aluminio:														
PURO	2 707	0.896	204	8.418	215	202	206	215	226	249				
Al-Cu (Duraluminio), 94-96% Al, 3-5% Cu, con impurezas Mg	2 787	0.886	164	6.676	126	159	182	194						
Al-Si (Siluminio) contiene cobre 86.5% Al, 1% Cu	2 659	0.867	137	5.933	119	137	144	162	161					
Al-Si (Alusil), 78- 80% Al, 20-22% Si	2 627	0.854	161	7.172	144	157	168	175	178					
Al-Mg-Si, 97% Al, 1% Mg, 1% Si, 1% Mn	2 707	0.892	177	7.311		175	189	204						
Plomo	11373	0.130	35	2.343	36.9	35.1	33.4	31.5	29.8					
Hierro:														
Puro	7 897	0.452	73	2.034	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
Hierro forjado, 0.5% C	7 849	0.46	59	1.626		59	57	52	48	45	36	33	33	33
Acero (C max $\approx$ 1.5%):														
Acero al carbón c $\approx$ 0.5%	7 833	0.465	54	1.474		55	52	48	45	42	35	31	29	31
1.0%	7 801	0.473	43	1.172		43	43	42	40	36	33	29	28	29
1.5%	7 753	0.486	36	0.970		36	36	36	35	33	31	28	28	29
Acero al níquel														
Ni = 0%	7 897	0.452	73	2.026										
20%	7 933	0.46	19	0.526										

Fuente: (Holman, 1999)

## Anexo 8

Tabla 24 Valores de propiedades de los metales

Tabla A-2 (Continuación)

Metal	Propiedades 20 °C				Conductividad térmica $k$ , W/m. °C									
	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$C_p$ , kJ/ kg·°C	$k$ , W/ m·°C	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s $\times 10^5$	-100 °C -148 °F	0 °C 32 °F	100 °C 212 °F	200 °C 392 °F	300 °C 572 °F	400 °C 752 °F	600 °C 1112 °F	800 °C 1472 °F	1000 °C 1832 °F	1200 °C 2192 °F
40%	8 169	0.46	10	0.279										
80%	8 618	0.46	35	0.872										
Invar 36% Ni	8 137	0.46	10.7	0.286										
Acero al cromo														
Cr = 0%	7 897	0.452	73	2.026	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
1%	7 865	0.46	61	1.665		62	55	52	47	42	36	33	33	
5%	7 833	0.46	40	1.110		40	38	36	36	33	29	29	29	
20%	7 689	0.46	22	0.635		22	22	22	22	24	24	26	29	
Cr-Ni (cromo níquel): 15% Cr, 10% Ni	7 865	0.46	19	0.527										
18% Cr, 8% Ni (V2A)	7 817	0.46	16.3	0.444		16.3	17	17	19	19	22	27	31	
20% Cr, 15% Ni	7 833	0.46	15.1	0.415										
25% Cr, 20% Ni	7 865	0.46	-12.8	0.361										
Acero de Tungsteno														
w = 0%	7 897	0.452	73	2.026										
1%	7 913	0.448	66	1.858										
5%	8 073	0.435	54	1.525										
10%	8314	0.419	48	1.391										
Cobre:														
Puro	8 954	0.3831	386	11.234	407	386	379	374	369	363	353			
Bronce aluminico 95% Cu, 5% Al	8 666	0.410	83	2.330										

Fuente: (Holman, 1999)



## Anexo 9

Tabla 25 Valores de propiedades de los metales

Bronce 75% Cu, 25% Sn	8666	0.343	26	0.859											
Bronce rojo 85% Cu, 9% Sn, 6% Zn	8 714	0.385	61	1.804		59	71								
Latón 70% Cu, 30% Zn	8 522	0.385	111	3.412	88		128	144	147	147					
Alpaca 62% Cu, 15% Ni, 22% Zn	8 618	0.394	24.9	0.733	19.2		31	40	45	48					
Constantan 60% Cu, 40% Ni	8 922	0.410	22.7	0.612	21		22.2	26							
Magnesio: Puro	1,746	1.013	171	9.708	178	171	168	163	157						
Mg-Al (electrolíti- co) 6-8% Al, 1-2% Zn	1810	1.00	66	3.605		52	62	74	83						
Molibdeno	10 220	0.251	123	4.790	138	125	118	114	111	109	106	102	99	92	
Níquel: Puro (99.9%)	8 906	0.4459	90	2.266	104	93	83	73	64	59					
Ni-Cr 90% Ni, 10% Cr	8.666	0.444	17	0.444		17.1	18.9	20.9	22.8	24.6					
80% Ni, 20% Cr	8314	0.444	12.6	0.343		12.3	13.8	15.6	17.1	18.0	22.5				
Plata:															
Alta pureza	10 524	0.2340	419	17.004	419	417	415	412							
Pura (99.9%)	10 525	0.2340	407	16.563	419	410	415	374	362	360					
Estañó, puro	7 304	0.2265	64	3.884	74	65.9	59	57							
Tungsteno	19 350	0.1344	163	6.271		166	151	142	133	126	112	76			
Zinc, puro	7 144	0.3843	112.2	4.106	114	112	109	106	100	93					

\* Adaptada a unidades SI de E. R. G. Eckert y R. M. Drake. "Heat and Mass Transfer," 2da. Ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1959.

Fuente: (Holman, 1999)

## Anexo 10

Tabla 26 Valor de propiedades del aislante

Tabla A-3 (Continuación)

Sustancia	Tem- pera- tura °C	$k$ , W/m °C	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c$ , kJ/kg·°C	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s x 10 <sup>7</sup>
<b>Mateñial aislante</b>					
<b>Asbesto:</b>					
Baja densidad	-45	0.149			
	0	0.154	470-570	0.816	3.3-4
	100	0.161			
Tableros de asbesto cemento	20	0.74			
Hojas	51	0.166			
Filtro, 40 capas/plg	38	0.057			
	150	0.069			
	260	0.083			
20 capas/plg	38	0.078			
	150	0.095			
	260	0.112			
Corrugado, 4 pliegues/plg	38	0.087			
	93	0.100			
	150	0.119			
Asbesto cemento	—	2.08			
Balsamina, 2.2 lb/pie <sup>3</sup>	32	0.04	35		
Cartón corrugado	—	0.064			
Cartón de bagazo(celetex)	32	0.048			
Corcho, 10 lb/pie <sup>3</sup>	30	0.043	160		
Corcho granulado	32	0.045	45-120	1.88	2-5.3
Molido	32	0.043	150		
Tierra de diatomeas (Sil-o-cel)	0	0.061	320		
Feltro, filamentos	30	0.036	130-200		
Lana	30	0.052	330		
Tablero aislante de fibra	20	0.048	240		
Lana de vidrio, 1.5 lb/pie <sup>3</sup>	23	0.038	24	0.7	22.6
Insulex, seco	32	0.064			
		0.144			
Capoca	30	0.035			
Magnesio, 85%	38	0.067	270		
	93	0.071			
	150	0.074			
	204	0.080			
Lana mineral, 10 lb/pie <sup>3</sup>	32	0.040	160		
Baja densidad	150	0.067	64		
	260	0.087			
Aserrín	23	0.059			
Sílica aerogel	32	0.024	140		
Virutas de madera	23	0.059			

\* Adaptado a unidades SI de. I. Brown y S. M. Marco, "Introduction to Heat Transfer," 3a. Ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1958.

Fuente: (Holman, 1999)

## **Anexo 11. Planos Eléctricos**

**Anexo 12.** Planos mecánicos.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de una máquina con control automático para el añejamiento de arroz en Lambayeque", cuyo autor es BRAVO SANDOVAL FRANKLIN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 19 de Junio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS <b>DNI:</b> 16720249 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4412-8789	Firmado electrónicamente por: AJSALAZARM el 20- 06-2023 09:46:41

Código documento Trilce: TRI - 0545640