

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecatrónico

“Diseño, construcción e implementación de un sistema automático de secado y reactivado de suelas y capellada de calzado mediante la integración de una red IoT, para la optimización y supervisión del ciclo de producción en la empresa Ciara de la ciudad de Ambato.”

Autores: Bonifaz Galarza, Christian José y Pullupaxi Pujos, Adolfo Javier

Director: Ing. Caizalitín Quinaluisa, Edwin Alejandro

Latacunga, 2022





CONTENIDO

1. Descripción del proyecto

2. Estudio del proceso de secado y reactivado del calzado.

3. Diseño mecánico y eléctrico

4. Construcción, pruebas y resultados

5. Conclusiones y Recomendaciones



Descripción del Proyecto

1. Planteamiento del problema

2. Objetivos

3. Justificación

Planteamiento del Problema



Ante la alarmante situación del país debido a la emergencia sanitaria, la empresa CIARA tuvo que adaptar provisionalmente a su producción un pequeño horno industrial a gas disponible dentro del mercado nacional cuya estructura mecánica no es la más óptima para el proceso, puesto que solo puede ser utilizado para dos pares de zapatos, a más de que este artefacto fue modificado con piezas improvisadas, estos factores retrasan en gran medida las ventas programadas y su comercialización, debido además a que el horno se debe calibrar acorde al criterio y la experiencia del operario a cargo.



Objetivos

Objetivo General

Diseñar, construir e implementar un sistema automático de secado y reactivado de suelas y capellada de calzado mediante la integración de una red IoT, para la optimización y supervisión del ciclo de producción en la empresa Ciara de la ciudad de Ambato.



Objetivos Específicos

Realizar la investigación bibliográfica sobre el funcionamiento y características técnicas de máquinas disponibles en el mercado y sobre el manejo de la tecnología IoT.

Realizar mediante software CAD/CAE el diseño y análisis del modelo mecánico para la máquina de secado y -reactivado de calzado.

Automatizar el sistema de secado y reactivado de calzado mediante la implementación de sensores, actuadores y controladores.



Objetivos Específicos

Adquirir los materiales adecuados para la construcción del sistema automático de secado y reactivado de calzado en base al diseño planteado.

Implementar el sistema Mecatrónico de Secado y Reactivado de calzado.

Implementar el sistema de gestión de datos para la supervisión del ciclo de producción mediante el uso de IoT.

Realizar las pertinentes pruebas de funcionamiento para una correcta validación del sistema de acuerdo a las necesidades de la Empresa Ciara.

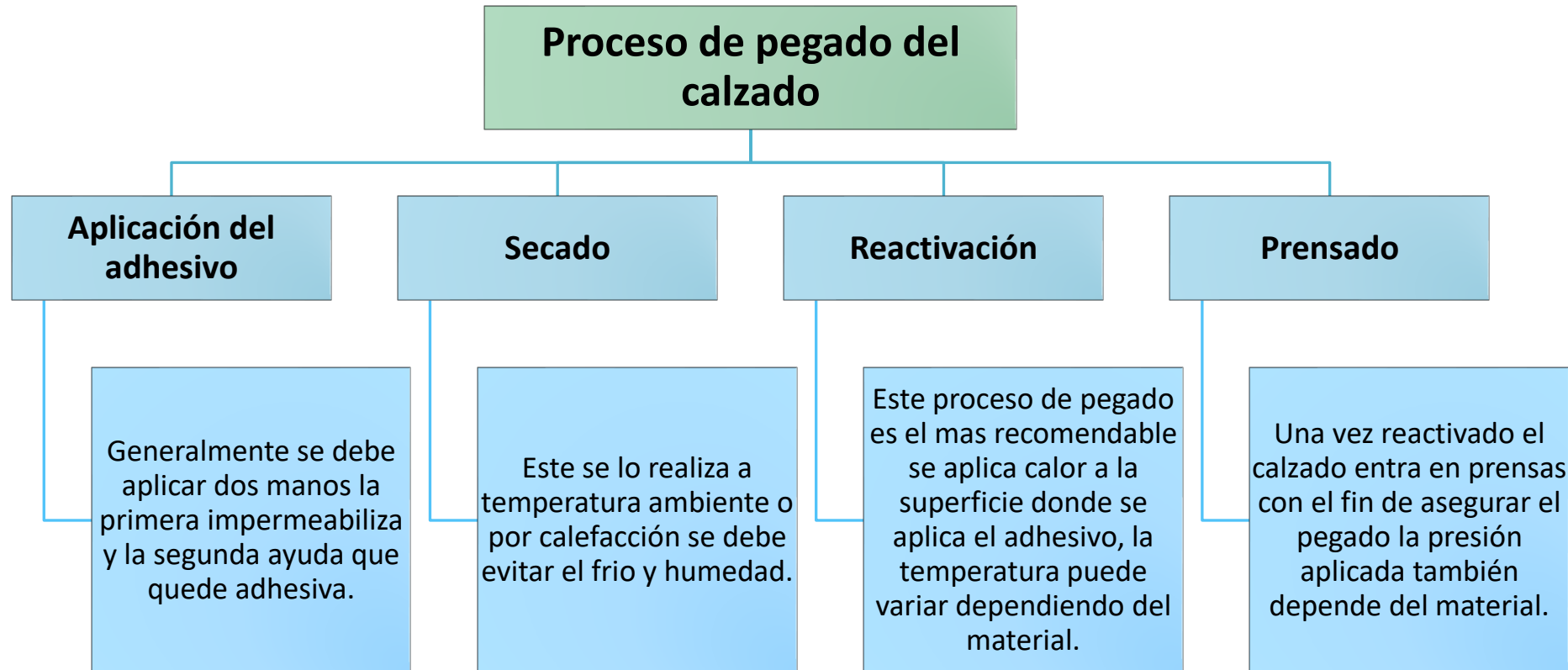
Justificación



El diseño, construcción e implementación de la máquina automática para el secado y reactivado de calzado, es de vital importancia para la empresa CIARA considerando la reactivación del mercado nacional, y la elevación del índice de producción cantonal en el sector del calzado, este proyecto de tesis otorgará varios beneficios que conlleva la automatización de procesos dentro de una empresa, tales como el continuo flujo de la línea de producción, la disminución en la pérdida de recursos y tiempos muertos, la optimización del desempeño de los trabajadores y el aseguramiento de la integridad física de los operarios. Además, se puede garantizar la calidad de los productos y el poder mantenerse vigente dentro del mercado nacional e internacional.



Fundamentación Teórica





SECADO

Evaporización del adhesivo formando una capa sólida y brillante.

REACTIVADO

Aplicación de temperatura a una película de adhesivo que está sobre las superficies de unión de suelas y capelladas.



Factores para una buena reactivación.

- El calor generado es un mayoría debe aplicarse a la superficie con el adhesivo.
- No debe existir obstáculo entre a fuente de calor y el material a reactivar
- Tiempo de reactivación.
- Temperatura de reactivación adecuada.



Diseño mecánico y eléctrico

1. Necesidades del cliente

2. Estructura funcional del sistema de secado y reactivado

3. Evaluación y Selección de conceptos

4. Diseño CAD - CAE

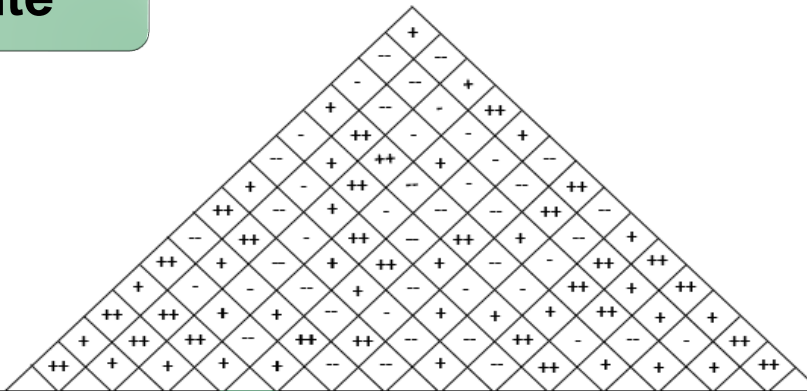
5. Diseño eléctrico

Necesidades del cliente



Núm.		Necesidad	Imp.
1	El sistema	Tamaño reducido	3
2	El sistema	Materiales resistentes al calor	4
3	El sistema	Distancia de calentamiento adaptable	3
4	El sistema	Ajuste y monitoreo de temperatura	5
5	El sistema	Económico	5
6	El sistema	Modelo ergonómico	3
7	El sistema	Monitoreo de producción	3
8	El sistema	Diseño multifuncional para todas las tallas	5
9	El sistema	Facilidad de operación	3
10	El sistema	Fácil Mantenimiento	3
11	El sistema	Bajo consumo energético	2
12	El sistema	Cuidado de la integridad física del personal	5
13	El sistema	Cuidado de la calidad del producto	5
14	El sistema	Correcta ubicación de elementos eléctricos y electrónicos	3
15	El sistema	Repuestos accesibles dentro del mercado	5
16	El sistema	Ventilación focalizada y adecuada a cada fase	5
17	El sistema	Adaptación a IoT	4

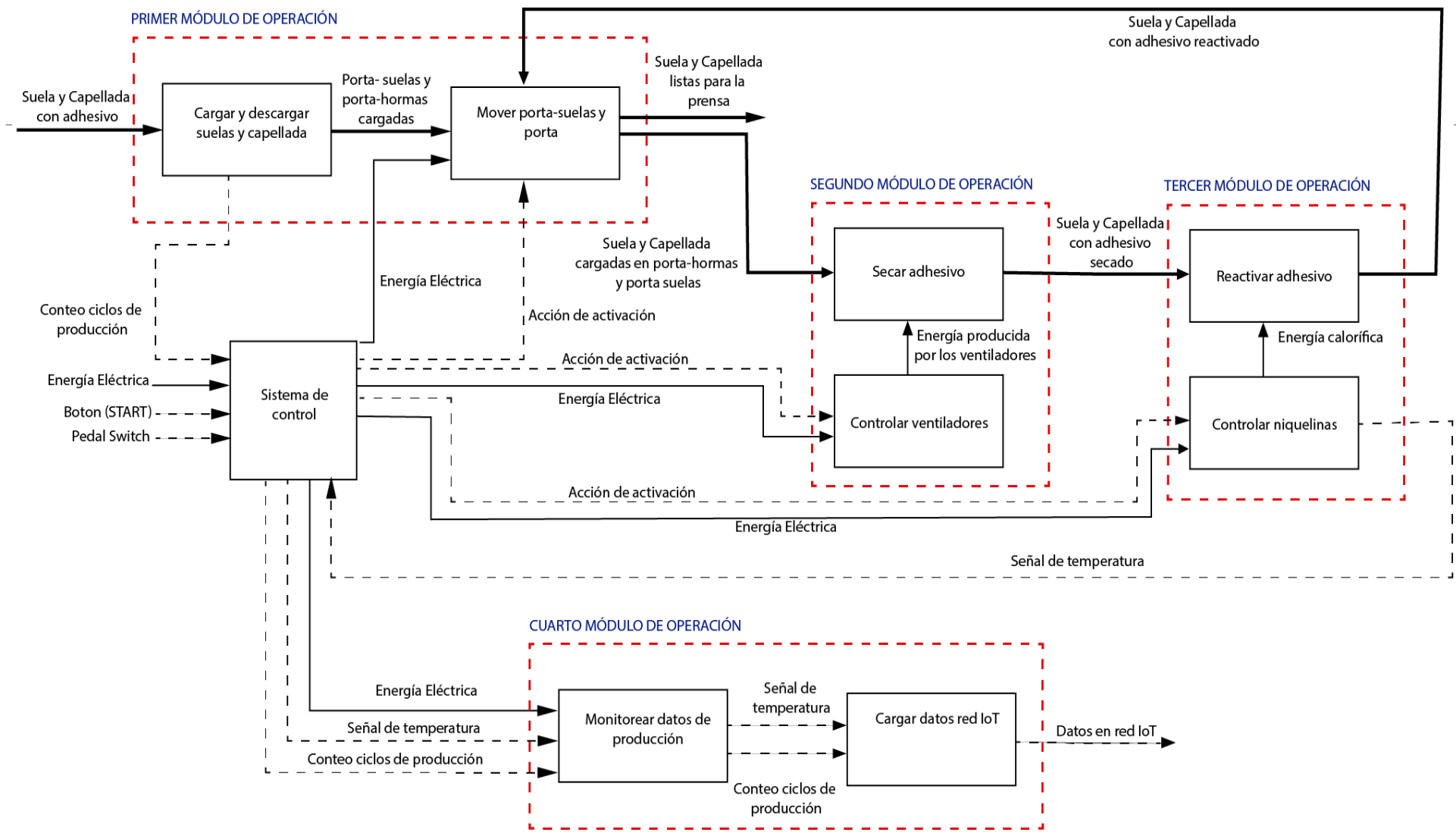
Necesidades del cliente



Núm.	Necesidades	Núm. Imp.	Métricas															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Tamaño reducido	5	●	●	Δ		●	●		●	○		●	○				
2	Materiales resistentes al calor	4	○	○	●	○	●	●			○		●	●	○		●	
3	Distancia de calentamiento adaptable	3	●			○	Δ	○		●	Δ		Δ	Δ	○		●	
4	Ajuste y monitoreo de temperatura	5	Δ		Δ	●	●				Δ	●	●		●	Δ	●	
5	Económico	5	●	Δ	●	Δ	●	●	○	○	Δ	●	●		○		○	
6	Modelo ergonómico	3	●	○			○	●	○	●		○	Δ	●				
7	Monitoreo de producción	3	○			●	Δ		●		●	○		○	●	○		
8	Diseño multifuncional para todas las tallas	5	●			○	○	○		●	Δ			○	○	○	○	
9	Facilidad de operación	3	○	●		●		○			●	○	Δ	○	Δ	○		
10	Fácil Mantenimiento	3	●	●	○	●	○	○	●	●	●	Δ	●				○	
11	Bajo consumo energético	2			Δ	○	●		○	●	●	●	●		●		●	
12	Cuidado de la integridad física del personal	5	●	○	●	○	●	○		○	Δ		Δ	●				
13	Cuidado de la calidad del producto	5	●	○	○	○	○	○		●	●	●	○	Δ	●		●	
14	Correcta ubicación de elementos electricos y electrónicos	4	●	●	●	●	○	●		○	●		●	●			●	
15	Repuestos accesibles dentro del mercado	5	●	●	●		●	●		○	●	○		○			Δ	
16	Ventilación aislada y adecuada a cada fase	5	●	○	●	○	○	●	Δ	●	●	○	○	Δ	●	Δ	●	
17	Adaptación de IoT	4		Δ		●	○		●				○	○			●	
Ponderación Absoluta			467	255	288	290	390	351	98	318	266	273	299	244	222	91	314	4166
Ponderación Relativa			11,2	6,12	6,91	6,96	9,36	8,43	2,35	7,63	6,39	6,55	7,18	5,86	5,33	2,18	7,54	100
Importancia Relativa			1	11	8	7	2	3	14	4	10	9	6	12	13	15	5	

- Estructura mecánica adecuada
- Uso de componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos comunes en el mercado
- Bajo costo de manufactura
- Optimización del diseño CAD
- Valores adecuados de temperatura

Estructura funcional del sistema



Módulo 1. Movimiento de porta-suelas y porta-hormas



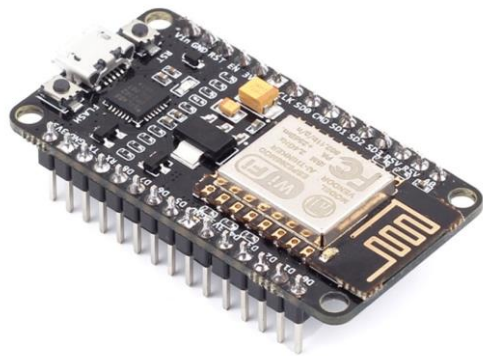
Módulo 2. Secado del adhesivo y ventilación



Módulo 3. Control de temperatura



Módulo 4. Red IoT



Ventilador COMMONWEALTH

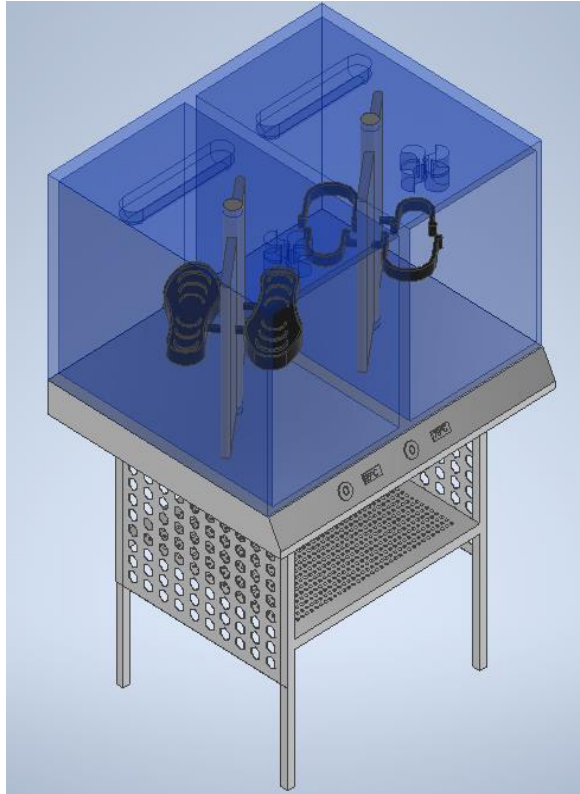
Pirómetro Digital CH102

ESP8266

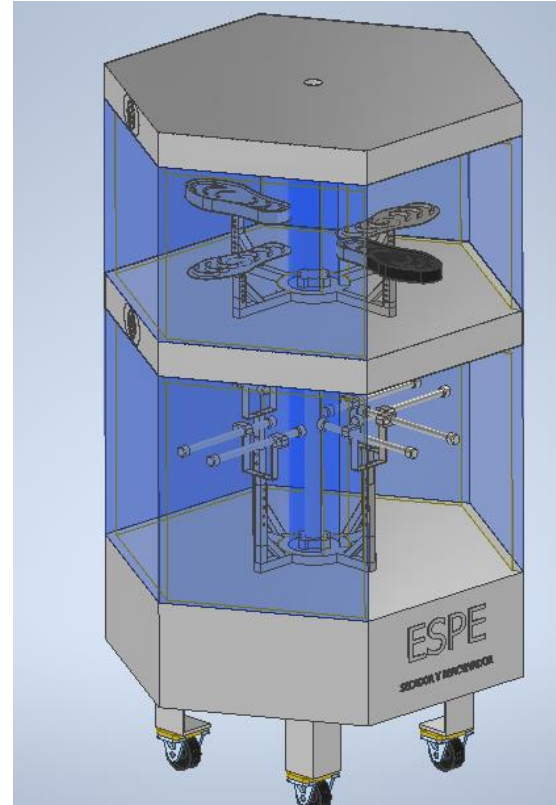


Resistencia de Cuarzo

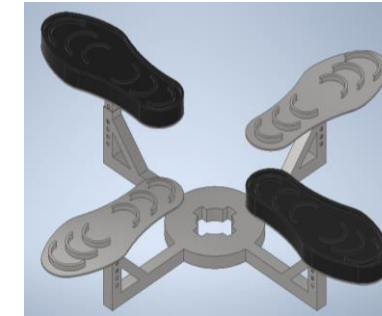
Diseño CAD del Horno Secador – Reactivador de Calzado para Suelas y Capelladas.



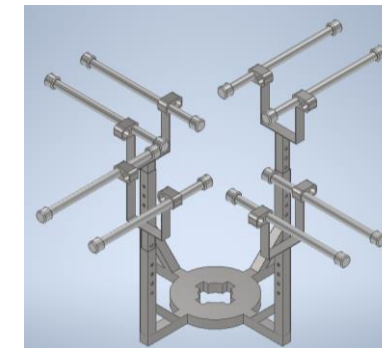
Modelo CAD del primer prototipo



Modelo CAD del segundo prototipo

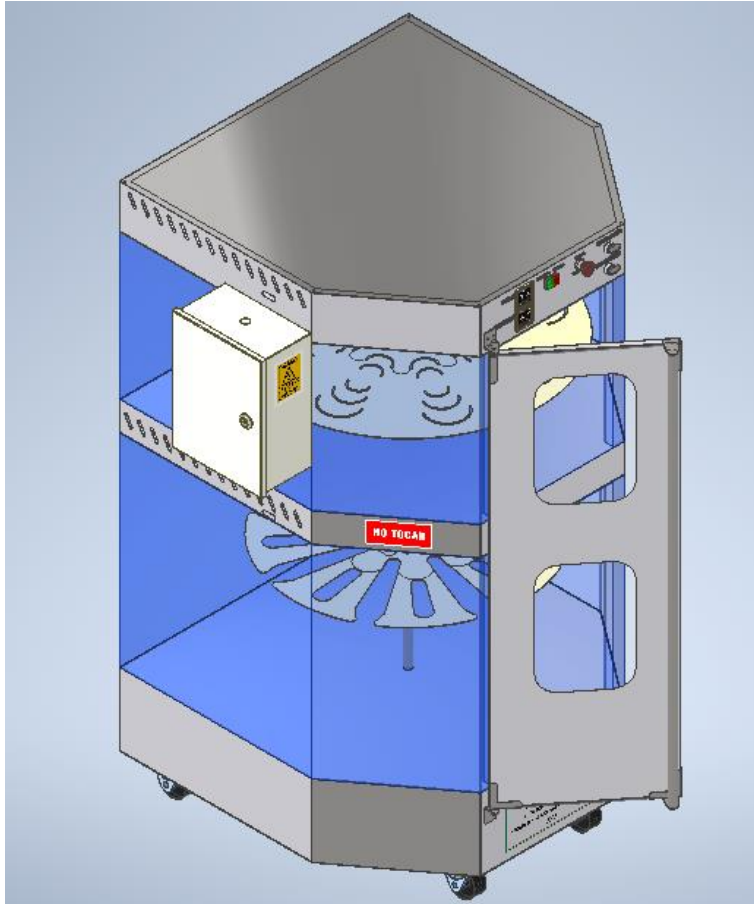


Subsistema de giro para suelas



Subsistema de giro para hormas

Diseño CAD del sistema automático de secado y reactivado de calzado para suelas y capelladas.



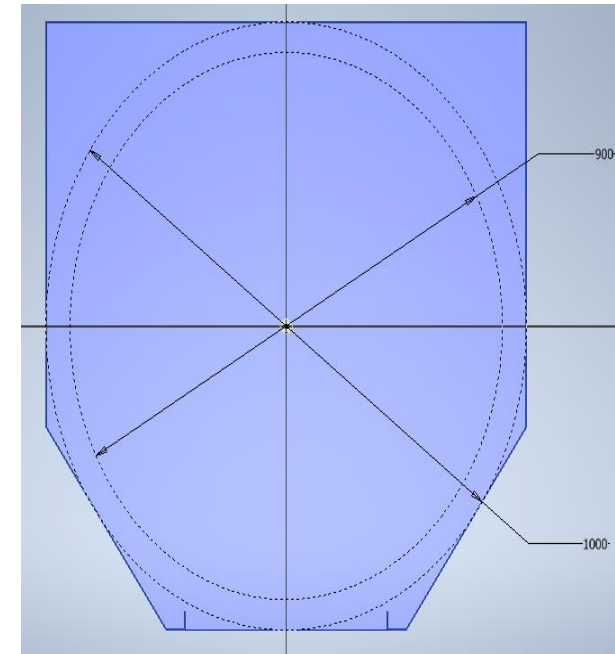
Las características generales que posee este modelo son:

- Mantiene una estructura de doble piso.
- Mecanismos en forma de disco rotativo para la carga y descarga del calzado.
- Sistemas de calentamiento y de ventilación.
- La instrumentación industrial será colocada en la parte superior de la máquina.
- Un tablero de control.
- 4 garruchas en los bordes inferiores de la máquina.

Diseño mecánico del porta-Hormas.

Características generales de las hormas que dispone la empresa Ciara

Número de talla	Peso (gr)	Dimensiones (mm)			
		Longitud	Anchura talón	Anchura plantar	Anchura tobillo
19	178	130	40	55	12
21	197	135	40	55	18
24	265	164	44	63	25
29	437	193	50	75	24
30	449	210	60	80	25
33	478	220	52	80	23
36	722	240	55	84	30
37	821	250	55	80	31
38	888	255	60	88	30
39	879	260	62	88	28
40	994	265	65	88	35
41	1043	270	63	94	37



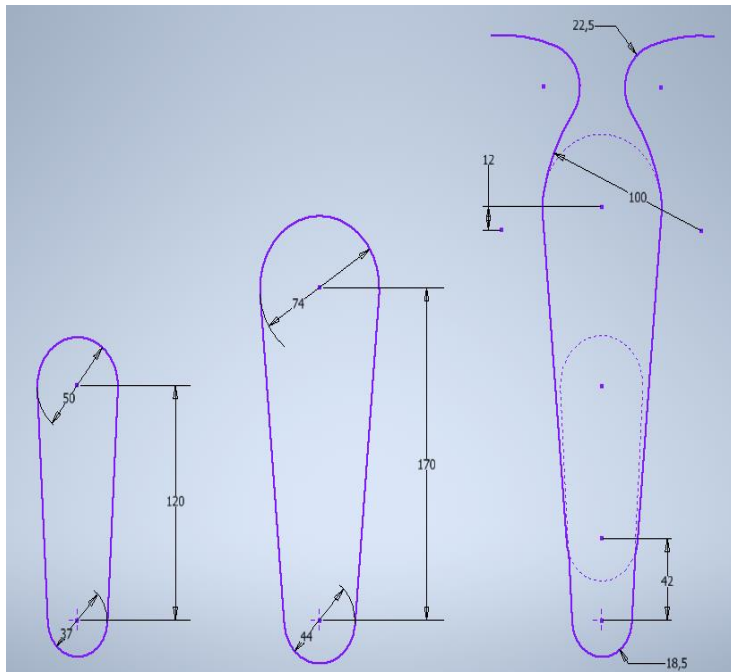
$$D_c = r - l_g$$

$$D_c = 45 \text{ cm} - 30 \text{ cm}$$

$$D_c = 15 \text{ cm}$$

$$D_c = 150 \text{ mm}$$

Diseño adaptable para todos los tamaños de calzado



Límite del radio interior

$$R_l = D_c - (s_c - r_2)$$

$$R_l = 150 \text{ mm} - (42 \text{ mm} - 22 \text{ mm})$$

$$R_l = 130 \text{ mm}$$

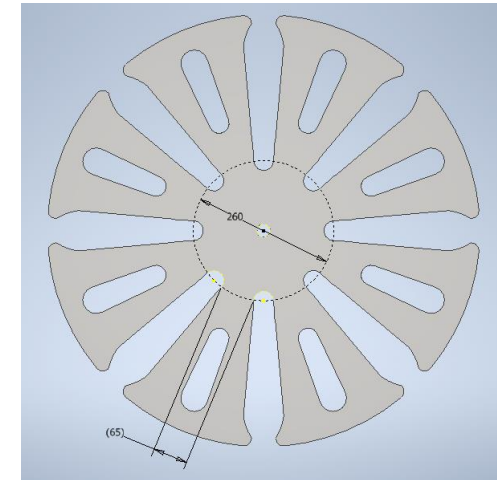
Perímetro existente en el límite del radio interior

$$P_1 = 2\pi * R_l$$

$$P_1 = 2\pi * (130\text{mm})$$

$$P_1 = 816.814 \text{ mm}$$

Sistema de giro porta-hormas



Cantidad de calzado

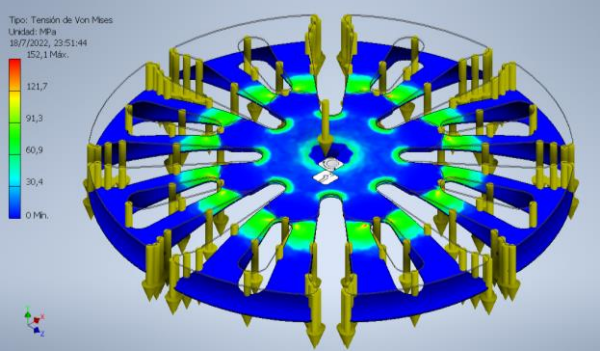
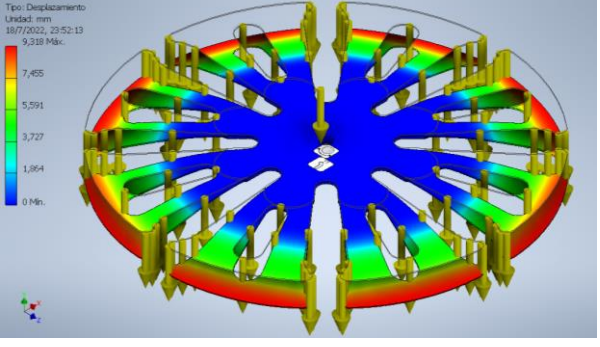
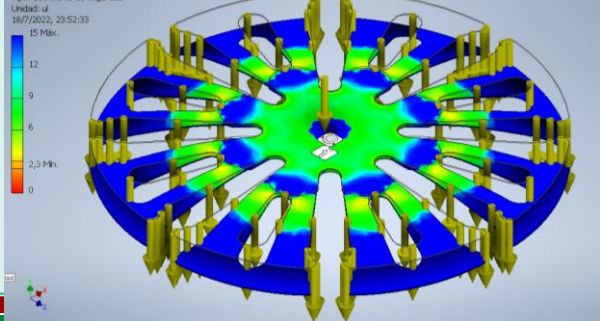
$$C_t * e + C_t * d_1 = P_1$$

$$C_t * (65 \text{ mm}) + C_t * (37 \text{ mm}) = 816.814 \text{ mm}$$

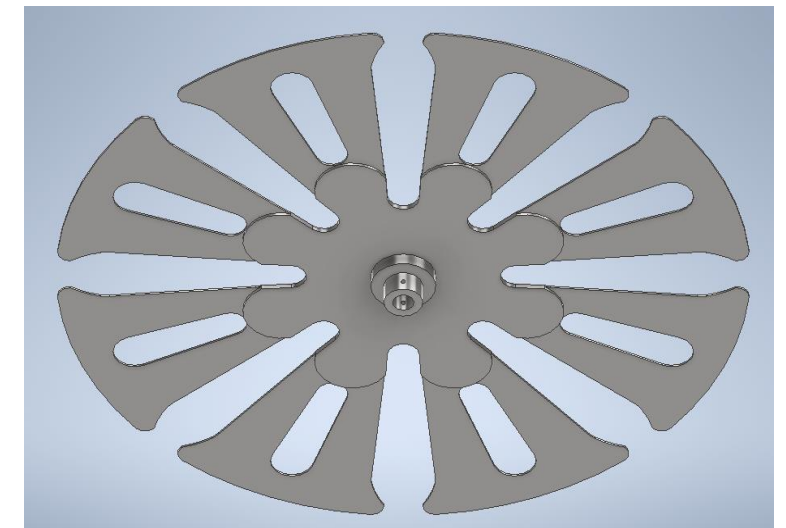
$$102 C_t = 816.814$$

$$C_t = 8.008 \approx 8$$

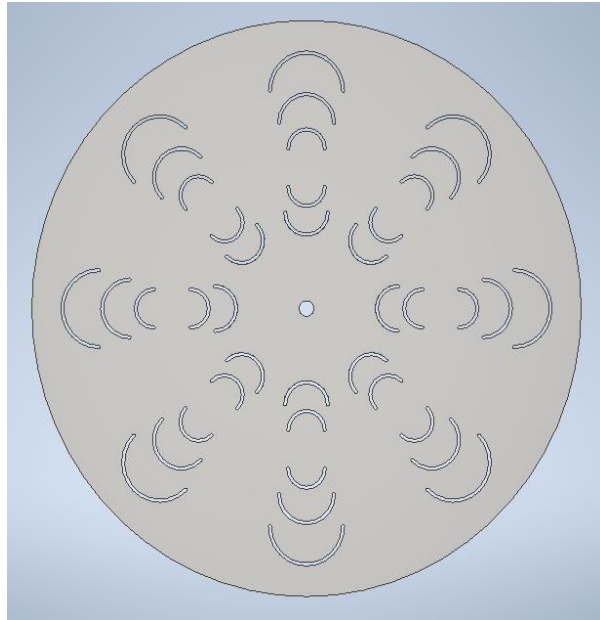
Análisis del porta-Hormas.

Descripción	Gráfico	Resultado
Tensión de Von Mises		Esfuerzo Máximo 152.1 MPa
Desplazamiento		Desplazamiento Máximo 9.318 mm
Factor de seguridad		$N = 2.3$

Sistema de giro porta-hormas con elementos de fijación y refuerzo.

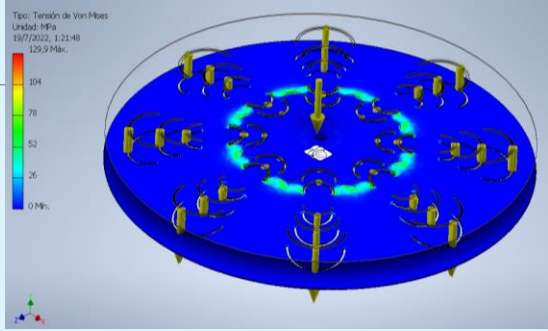
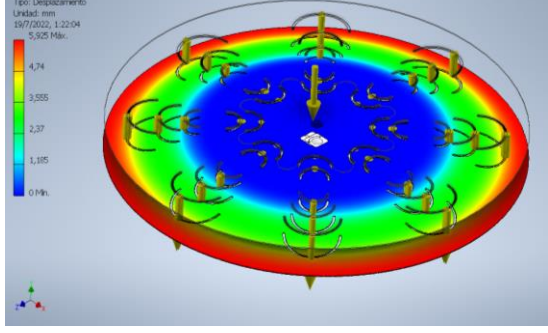
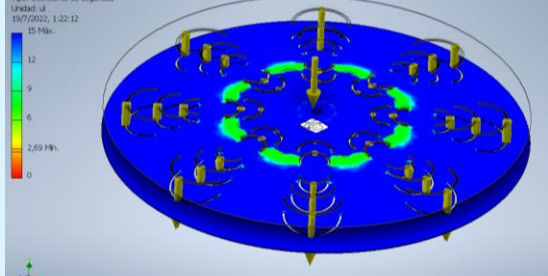


Diseño mecánico del porta-suelas.

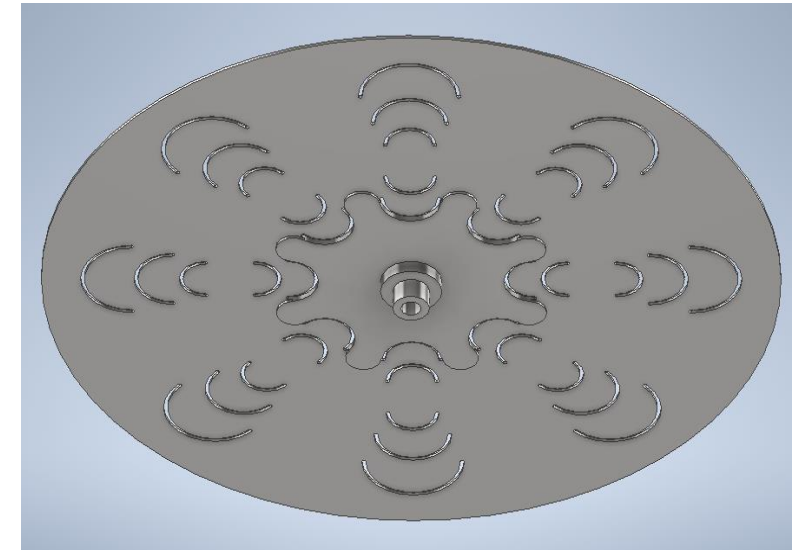


El diseño del mecanismo para cargar las suelas es más sencillo y efectivo, dado que las plantas de los zapatos serán únicamente colocadas ordenadamente acorde a las 8 posiciones como en el porta-hormas ejerciendo una mínima cantidad de presión. Por ende, la base circular es entera operando dentro del área de 90 cm de diámetro.

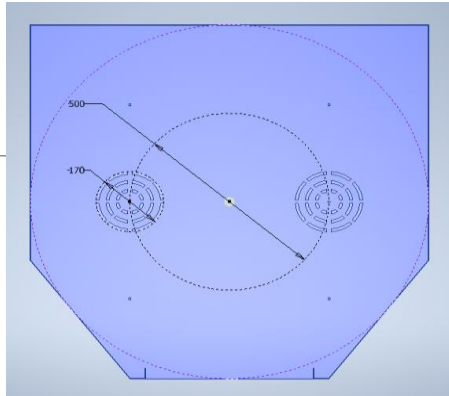
Análisis mecánico del porta-suelas.

Descripción	Gráfico	Resultado
<p>Tensión de Von Mises</p>		<p>Esfuerzo Máximo 129.9 MPa</p>
<p>Desplazamiento</p>		<p>Desplazamiento Máximo 5.925 mm</p>
<p>Factor de seguridad</p>		<p>$N = 2.69$</p>

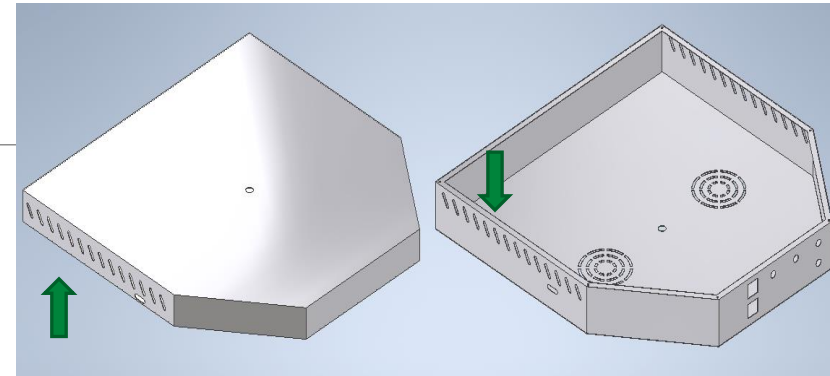
Sistema de giro porta-suelas con elementos de fijación y refuerzo



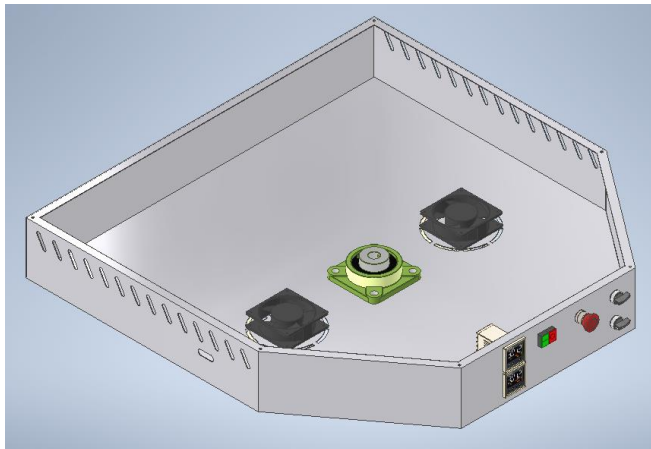
Diseño mecánico del sistema de ventilación y secado del adhesivo



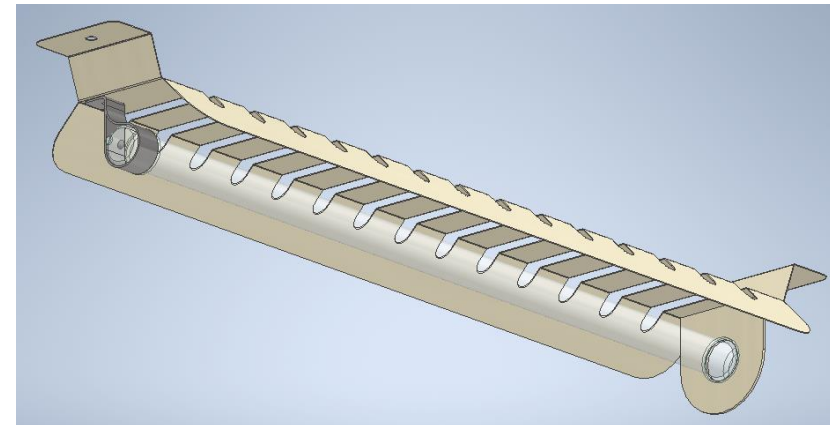
Dimensionamiento para la colocación de los ventiladores



Modelado de las rendijas de ventilación

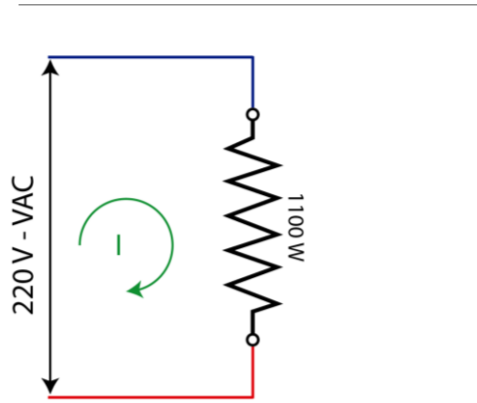


Vista del modelo CAD para la colocación de ventiladores



Deflector para las resistencias eléctricas

Selección de relé de estado sólido

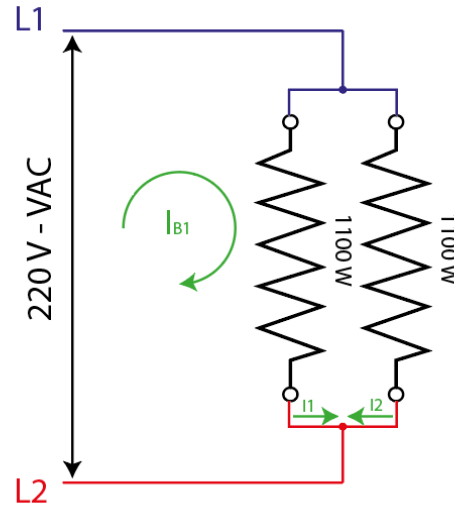


$$V_{N1} = 220V$$

$$P_{N1} = 1100 W$$

$$I_{N1} = \frac{P}{V} = \frac{1100 W}{220 V}$$

$$I_{N1} = 5A$$

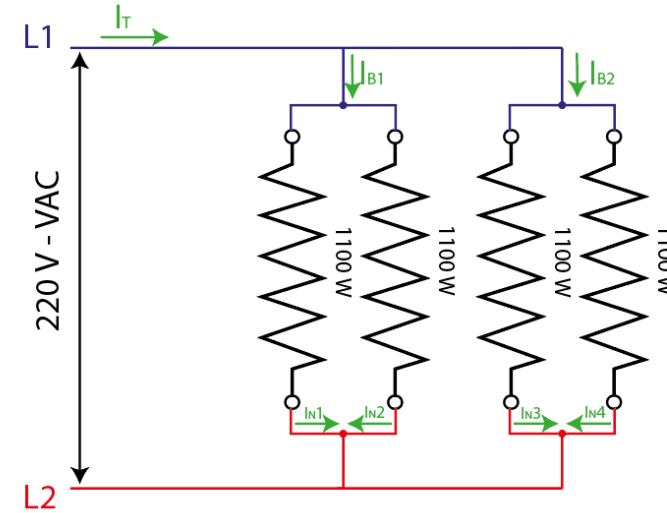


$$V_{N2} = 220V$$

$$P_{N2} = 1100 W$$

$$I_{N2} = \frac{P_{N2}}{V_{N2}} = \frac{1100 W}{220 V}$$

$$I_{N2} = 5A$$



$$I_{B1} = I_{N1} + I_{N2}$$

$$I_{B1} = 5A + 5A$$

$$I_{B1} = 10A$$

$$I_{B1} = I_{B2} = 10A$$

$$I_T = I_{B1} + I_{B2}$$

$$I_T = 10A + 10A$$

$$I_T = 20A$$

Tabla calibre de cables según el amperaje

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A		
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A		
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A	18 AWG	18 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		
				16 AWG	13 A
				14 AWG	18 A
				12 AWG	25 A

Relé de estado sólido MS-1AA4825



La tensión de control	90-280 VAC
Corriente de control	6-25 mA
La tensión de carga	24-480 VAC
Corriente máxima de carga	25 A
La carga actual de mini	0,05 un
Tensión Breakover	≤2VAC
La producción corriente de fuga.	≤5mA
Tensión de ruptura medio	≥2.500 Vac
Resistencia de aislamiento	≥100 MΩ
Tiempo de conmutación	≤10mS
El rango de frecuencia	50-60Hz
La temperatura de funcionamiento	-20 - 70°C
La corriente de carga el factor de seguridad	Carga resistiva 50-60% Un 30-40% de carga inductiva

Interruptor automático termomagnético bifásico

Interruptor automático termomagnético bifásico de 32 A

$$I_N = \frac{P_T}{V}$$

$$I_N = \frac{90 + 180 + 4400 + 80 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I_N = 21.59 \text{ A}$$

Dado que la corriente nominal para un interruptor automático debe ser 10% superior a la corriente calculada, el valor máximo es de;

$$I_{NT} = 21.59 \text{ A} + (21.59 * (10\%)) \text{ A}$$

$$I_{NT} = 23.749 \text{ A}$$



Contacto trifásico de 32 A para una tensión eléctrica de 120 V

CNC
ELECTRIC



Circuito eléctrico del sistema

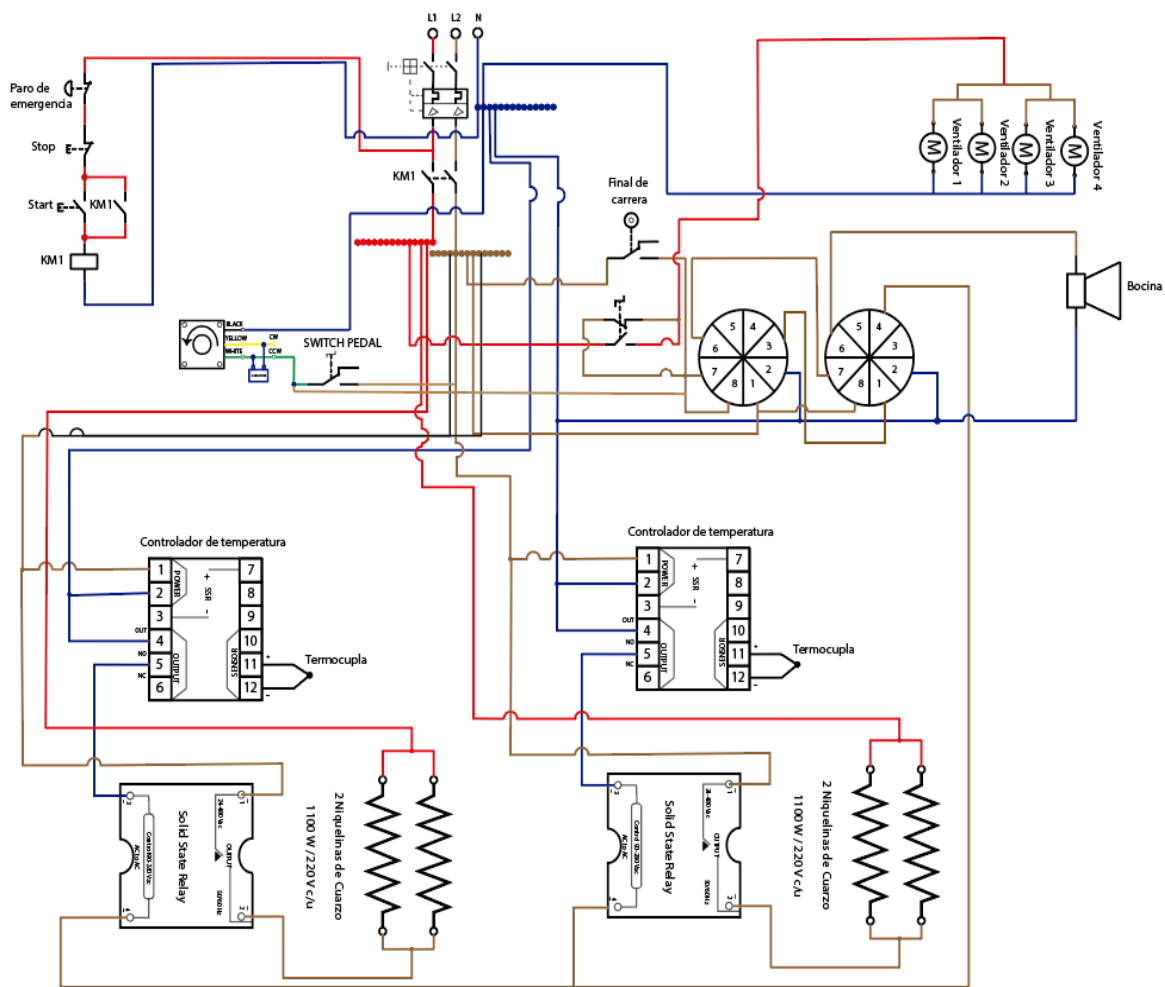
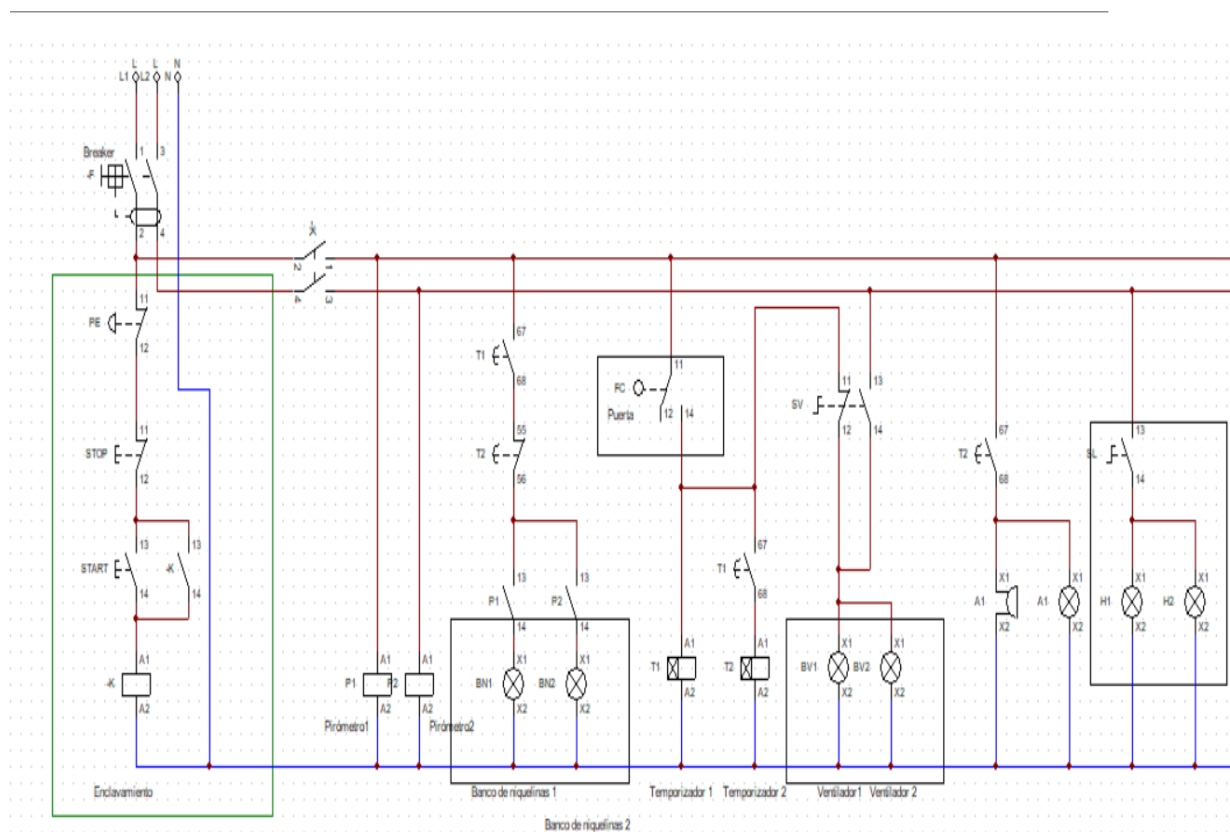
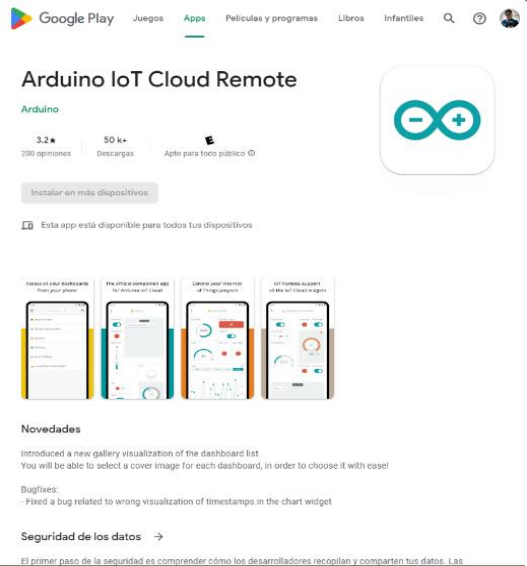
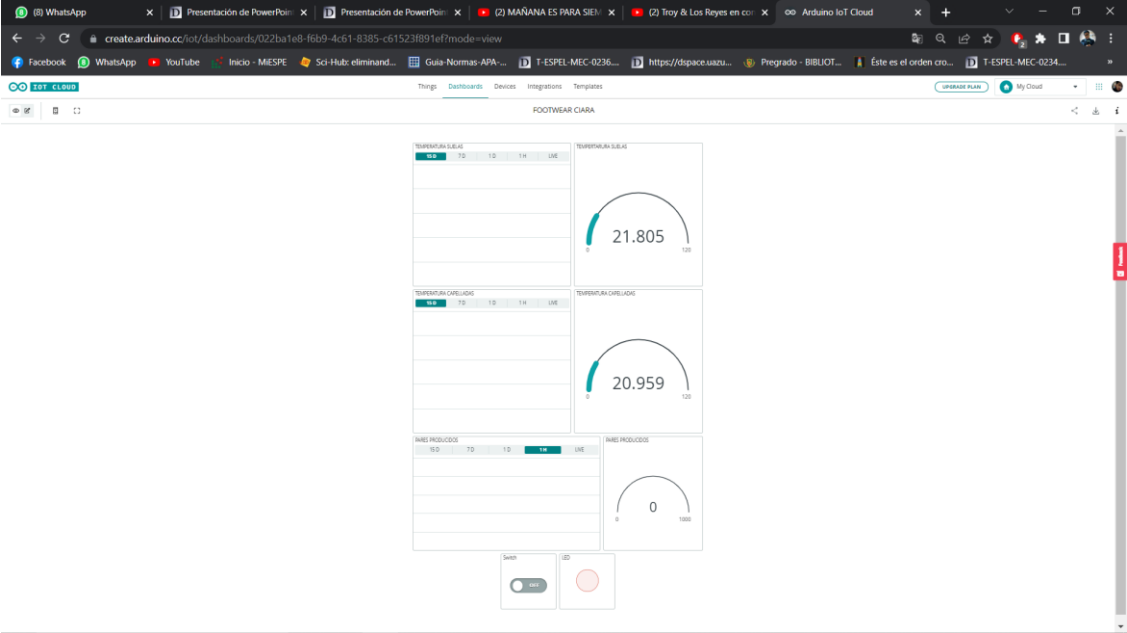


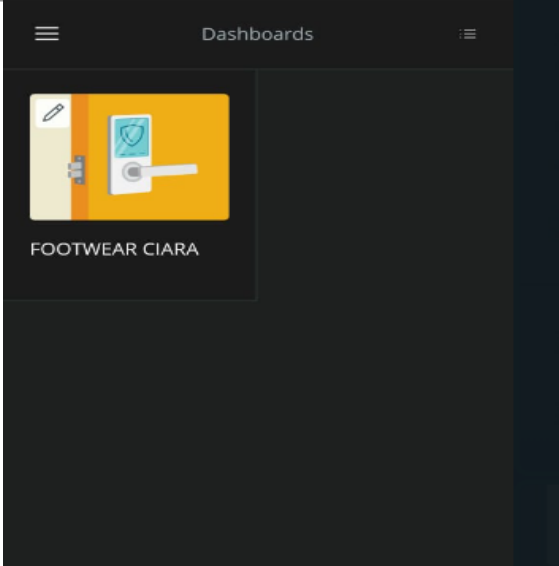
Diagrama y simulación sistema automático de secado y reactivado en el software CadeSimu



Diseño para IoT



The screenshot shows the Google Play Store page for the 'Arduino IoT Cloud Remote' app. The app has a 3.2 star rating and over 50,000 downloads. It is available for public use. The page includes a 'Install on more devices' button and a 'Novidades' section with updates and bug fixes. The 'Seguridad de los datos' section indicates that the app collects and shares data.



Construcción, pruebas y resultados



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Construcción



Construcción, pruebas y resultados



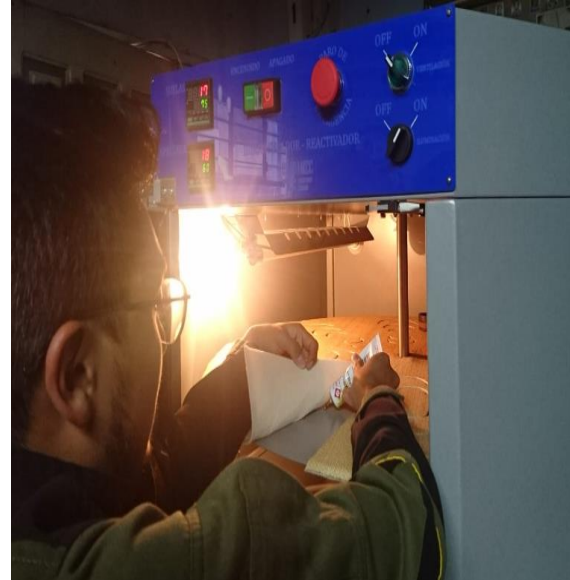
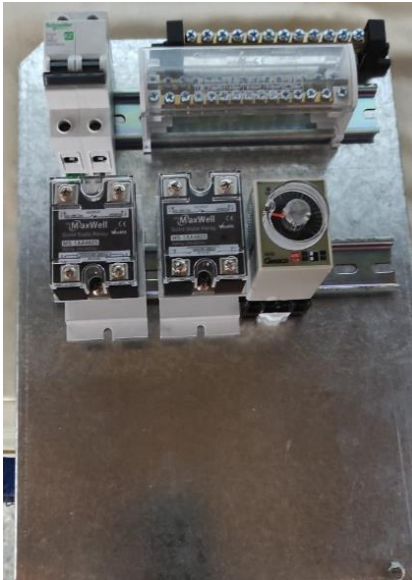
Ensamble



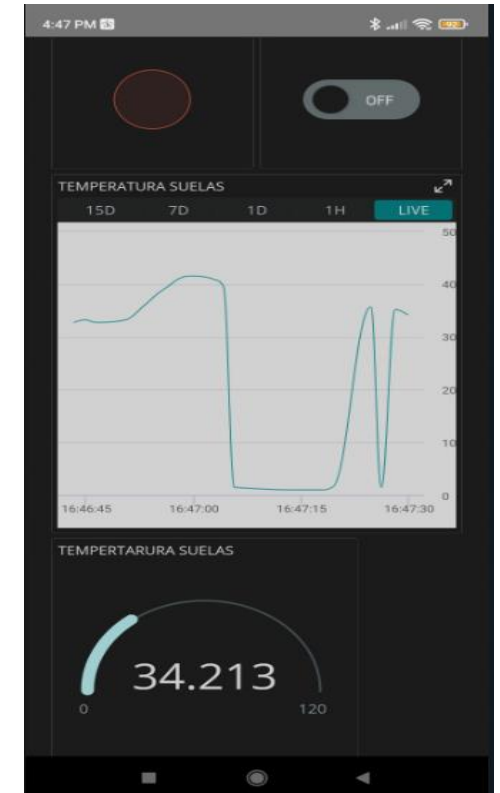
Construcción, pruebas y resultados



Sistema eléctrico



Instalación y pruebas del sistema en la Empresa CIARA



Construcción, pruebas y resultados



Pruebas y Resultados

Pruebas de tiempo para la carga y descarga del calzado

Pruebas de Calidad - Etapa de Secado

Pruebas de calidad - Etapa de reactivado

Prueba N°	Talla	Tiempo de carga (segundos)	Tiempo de descarga (segundos)
1	29	11,4	22,9
2	29	09,8	26,1
3	33	14,4	20,3
4	33	10,7	24,0
5	35	10,2	21,3
6	35	10,0	27,2
7	35	15,6	23,2
8	35	14,3	25,0
9	36	16,0	25,9
10	36	12,2	21,4
11	36	12,9	25,6
12	36	11,1	20,1
13	36	13,4	26,8
14	36	10,5	29,0
15	36	11,6	23,7
16	36	14,9	25,8
Promedio		12,44	24.27

Ciclo N°	Calidad de Secado			
	15 segundos	30 segundos	1 minuto	2 minutos
1	Insuficiente	Bueno	Excelente	Excelente
2	Insuficiente	Regular	Excelente	Excelente
3	Insuficiente	Bueno	Excelente	Excelente
4	Insuficiente	Regular	Excelente	Excelente
5	Insuficiente	Bueno	Excelente	Excelente
6	Insuficiente	Regular	Excelente	Excelente
7	Insuficiente	Bueno	Excelente	Excelente
8	Insuficiente	Regular	Bueno	Excelente
9	Insuficiente	Bueno	Excelente	Excelente
10	Insuficiente	Regular	Excelente	Excelente
Porcentaje de Eficacia	25%	62.5%	97.5%	100%

Ciclo N°	Calidad de Reactivado		
	50°C	65°C	85°C
1	BUENO	BUENO	BUENO
2	MALO	BUENO	BUENO
3	MALO	BUENO	BUENO
4	BUENO	BUENO	MALO
5	BUENO	BUENO	BUENO
6	BUENO	BUENO	BUENO
7	MALO	BUENO	BUENO
8	BUENO	BUENO	MALO
9	MALO	BUENO	BUENO
10	MALO	BUENO	BUENO
Porcentaje de Eficacia	50%	100%	80%

Análisis comparativo entre los dos sistemas a una temperatura específica

Parámetros de estudio		Suelas	Capelladas	Horno a Gas
Ciclo N°	Temperatura Inicial (°C)	60°C	65°C	65°C
		Tiempo en minutos : segundos		
1	17.8	9:43	9:57	21:28
2	17.9	7:51	8:19	22:25
3	18.5	7:23	7:51	23:13
4	19.2	6:15	6:43	22:05
5	20.9	5:02	5:30	20:52
6	16.4	9:39	10:07	23:05
7	17.9	8:56	9:24	22:22
8	16.7	7:31	7:59	23:21
9	17.1	5:59	6:42	22:03
10	17.8	5:08	5:51	23:59
11	18.9	4:48	5:31	22:16
12	20.5	4:45	5:28	22:13
13	21.7	4:26	5:23	22:08
14	19.5	4:39	5:22	22:07
15	19.3	4:16	4:59	21:44
Promedio		6:25	7:00	23:57

Revisión del funcionamiento de la red IoT

	Especificaciones	Estado	Actualización de datos	Revisión
1	Interfaz de monitoreo en aplicación móvil	Receptado	100%	Cumple
2	Interfaz de monitoreo en navegador web	Receptado	100%	Cumple
3	Monitoreo en tiempo real de la temperatura en la cámara superior	Receptado	100%	Cumple
4	Monitoreo en tiempo real de la temperatura en la cámara inferior	Receptado	100%	Cumple
5	Monitoreo de la cantidad de calzado producido	Receptado	100%	Cumple
6	Registro histórico de la temperatura de las suelas	Receptado	100%	Cumple
7	Registro histórico de la temperatura de las capelladas	Receptado	100%	Cumple
8	Registro histórico de la producción de zapatos	Receptado	100%	Cumple

Validación de Hipótesis

El diseño, construcción e implementación de un sistema automático de secado y reactivado de suelas y capellada de calzado mediante la integración de una red IoT permitirá optimizar y supervisar el ciclo de producción en la empresa Ciara

Distribución *T* de Student

H_0 : La implementación de un sistema automático de secado y reactivado de suelas y capellada de calzado NO optimiza el ciclo de producción.

$$H_0: \mu = 24 \text{ min}$$

H_1 : La implementación de un sistema automático de secado y reactivado de suelas y capellada de calzado optimiza el ciclo de producción.

$$H_1: \mu < 24 \text{ min}$$

Validación de Hipótesis

Distribución T de Student

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\delta}{\sqrt{n}}}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_i^n (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

$$\delta = 0.298$$

$$\bar{X} = 7 \text{ min}$$

$$T = \frac{7 - 24}{\frac{0.298}{\sqrt{15}}}$$

$$T = -220.94$$

Nc = El nivel de confianza del 95%

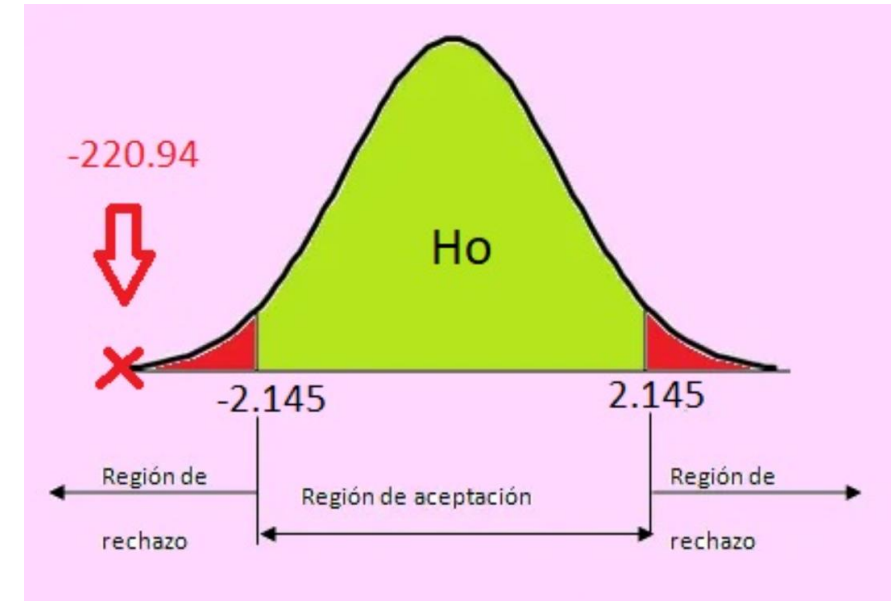
Ns = El nivel de significancia del 5%

$$gl = (n - 1) = (15 - 1) = 14$$

Obteniendo así un valor crítico $t_\alpha = 2.145$

$$T = t_\alpha$$

$$-220.94 = 2.145$$



Se acepta la hipótesis alternativa

Construcción, pruebas y resultados

Comparación de Maquinaria



Sistema automático de secado y reactivado de suela y capellada del calzado CIARA

Características técnicas	Sistema automático de secado y reactivado de suela y capellada del calzado CIARA	Secador y Reactivador ELETTRONICA B.C. Modelo 421 PSTS
Función de secado y reactivado	SI	SI
Cámaras independientes (suelas - capelladas)	SI	SI
Sistema de calentamiento	Resistencias de Cuarzo	Lámparas Halógenas (flash)
Enfriamiento de niquelinas	SI	NO
Conectividad a la red (Monitoreo Remoto)	SI	NO
Ajuste regulable de altura	SI	SI
Dimensiones	1000 * 1000 * h1885 (mm)	1020 * 3550 * h1700 (mm)
Consumo eléctrico medio	4180 W	23800 W
País de Procedencia	ECUADOR	ITALIA
Costo	\$2500	\$7200



Secador Reactivador Modelo. 421 PSTS

Construcción, pruebas y resultados



Comparación de Maquinaria



Sistema automático de secado y reactivado de suela y capellada del calzado CIARA

Características técnicas	Sistema automático de secado y reactivado de suela y capellada del calzado CIARA	Secador y Reactivador Horizontal SAZI Modelo. 744/746 NIR
Función de secado y reactivado	SI	SI
Cámaras independientes (suelas - capelladas)	SI	SI
Sistema de calentamiento	Resistencias de Cuarzo	Lámparas infrarrojas NIR (Near Infrared)
Enfriamiento de niquelinas	SI	SI
Conectividad a la red (Monitoreo Remoto)	SI	SI
Ajuste regulable de altura	SI	SI
Dimensiones	1000 * 1000 * h1885 (mm)	1000 * 728 * h1820 (mm)
Consumo eléctrico medio	4180 W	3300 W
País de Procedencia	ECUADOR	BRASIL
Costo	\$2500	\$12000



Secador y Reactivador NIR Modelo. 744/746 NIR



Conclusiones

- Se diseñó, construyó e implementó un sistema automático de secado y reactivado de suelas y capellada de calzado mediante la integración de una red IoT para la optimización y supervisión del ciclo de producción en la empresa Ciara de la ciudad de Ambato.
- Mediante el análisis estructural realizado por software CAD/CAE, se confirmó que el sistema de giro porta-hormas y porta-suelas planteados ratifican un diseño seguro, puesto que el factor de seguridad obtenido fue de 2.3 y 2.69 respectivamente, cumpliendo así, con el criterio de seguridad de diseño para cargas estáticas según Robert L. Mott.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de sujeción del sistema porta-hormas, se concluye que el diseño adaptable propuesto para toda talla de calzado alcanza un 100% de efectividad para mantener a las capelladas aseguradas a la base giratoria durante el proceso de secado y reactivado.



Conclusiones

- La ejecución de la prueba de secado en base a cuatro periodos de tiempo permitió conocer que al transcurrir dos minutos de ventilación se forma una película de adhesivo completamente uniforme, reluciente y sin tack en un porcentaje del 100% de eficacia, sin embargo, ya que el propósito del proyecto es la optimización del ciclo productivo, se optó por la opción de un minuto la cual arrojó un 97,5% de conformidad.
- Por medio de la prueba de valoración de la calidad de reactivado para el adhesivo a base de poliuretano que se utiliza en la empresa, se concluyó que la temperatura óptima para lograr el máximo desempeño de adhesión entre la suela y la capellada es de 65°C.
- La implementación del sistema automático de secado y reactivado para suelas y capelladas de calzado optimizó en un 70.72% el ciclo de producción de empresa Ciara, con una media de siete minutos durante el proceso de reactivación independientemente del tiempo de secado el cual se estimó un minuto para lograr un óptimo grado de fijación.



Conclusiones

- La implementación de la red IoT a través de la plataforma Arduino IoT Cloud permitió monitorear los registros de temperatura y la cantidad de calzado producido en tiempo real y sobre todo desde cualquier sitio en que se encuentre el usuario, con un porcentaje del 100% de recepción de datos.
- El uso de la plataforma Arduino IoT Cloud ofrece una gran facilidad para la creación, programación y monitoreo de proyectos en línea, permitiendo a cualquier persona configurar, registrar y visualizar las variables de modo versátil a través de un interfaz sencillo de manejar.
- El recubrimiento por pintura electroestática a la estructura de acero negro proporciona mejores beneficios que utilizar láminas de acero inoxidable, material utilizado en su gran mayoría para la fabricación de hornos industriales, lo que representaría en un menor coste económico, excelente capacidad de enfriamiento estructural y sobre todo la facultad inoxidable.



Conclusiones

- El principal criterio que se consideró para la selección del material Nomex fue gracias al estudio del rendimiento termoestable que presenta el material a diversas pruebas de calor, en donde se sometió al material hasta una temperatura de 330°C y no manifestó ningún cambio físico, además en ese momento la temperatura superficial no excedió los 50°C, lo cual permitía el contacto con la piel, sin riesgo a quemaduras.
- Las excelentes propiedades térmicas y aislantes que posee el filtro Nomex la posicionaron como la opción ideal para proveer protección tanto al producto como al operario durante el proceso de Reactivación evitando así el contacto directo con la base metálica que a causa de la conductividad térmica gradualmente eleva la temperatura del acero.



Conclusiones

- La textura blanda y flexible que posee el filtro Nomex asegura la calidad e integridad de los diversos materiales con los que se confecciona el calzado (cuero, laminados sintéticos, fibras textiles, entre otros).
- Tras la culminación del proyecto conforme a todos los requerimientos de la empresa Ciara y la superación exitosa de las pruebas de funcionalidad acorde a la secuencia de control establecida, el sistema automático de secado y reactivado de suela y capellada del calzado puede entrar al mercado nacional para ser comercializado gracias a las ventajas económicas, capacidad productiva y multifuncionalidad que esta ofrece.



Recomendaciones

- Se recomienda tomar en consideración el uso de la función de ventilación manual después de 10 ciclos operativos durante cinco minutos, con el fin de disipar la energía calorífica acumulada al interior de las cámaras y alargar la vida útil de los componentes eléctricos.
- Si se presenta algún deterioro en los componentes eléctricos, desconfiguración del controlador de temperatura o se desea adaptar alguna nueva conexión a la secuencia de control, es preciso seguir las instrucciones del manual de operación en donde también se detalla el diagrama eléctrico.
- En el caso que se requiriera manipular, cambiar e instalar las niquelinas de cuarzo o las conexiones aledañas, se recomienda ser precavido debido a la delicadeza del tubo de cristal.
- Se recomienda colocar prudentemente las hormas de talla pequeña que se vayan a acoplar en el contorno adaptable, debido a que, si no ingresan hasta el borde circular interior, se puede producir la caída de la capellada al piso inferior de la cámara.



Recomendaciones

- Correspondiente a la regulación de la altura de los sistemas porta-hormas y porta-suelas, se debe sujetar fuertemente la brida de ajuste a medida que el prisionero se suelta, ya que el peso del disco rotativo puede provocar una abrupta caída.
- Para aplicaciones IoT es aconsejable disponer de una red de Internet que posea una banda ancha estable con buena transmisión de datos, caso contrario el monitoreo en tiempo real puede presentar retardos en la adquisición de información del proceso.



Contemplación de proyectos futuros

- Ampliación del estudio de sistemas de convección forzada para un máximo desempeño de la etapa de reactivación.
- Adquisición de lámparas infrarrojas NIR para lograr el reactivado del adhesivo por medio de ondas electromagnéticas, sin la necesidad de calentar todo el ambiente al interior de la cámara.



VIDEO



GRACIAS