



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERA EN MECATRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE  
CODOS DE CONDUCTO REDONDO EMPLEADOS EN SISTEMAS DE VENTILACIÓN Y AIRE  
ACONDICIONADO, UTILIZANDO SMART MANUFACTURING PARA EL REGISTRO DE LA  
PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA “INDUSTRIAS METÁLICAS JB” DE LA CIUDAD DE  
LATACUNGA**

**AUTORA: SANGOVALIN OÑA, JESSICA KATERINE**

**DIRECTOR: ING. CAIZALITIN QUINALUISA, EDWIN ALEJANDRO**

**Latacunga, 2023**



## ***Objetivo General***

---

Diseñar e implementar un sistema semiautomatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, utilizando Smart Manufacturing para el monitoreo y registro de la producción en la empresa “Industrias Metálicas JB” de la ciudad de Latacunga

## ***Objetivos Específicos***

---

- Recopilar información acerca de los procesos de elaboración de codos de conductos redondos para sistemas de ventilación y aire acondicionado.
- Dimensionar el sistema mecánico y diseñar el sistema eléctrico, y seleccionar los dispositivos a partir de sus características técnicas, aplicabilidad y disponibilidad en el mercado para su adquisición.

## ***Objetivos Específicos***

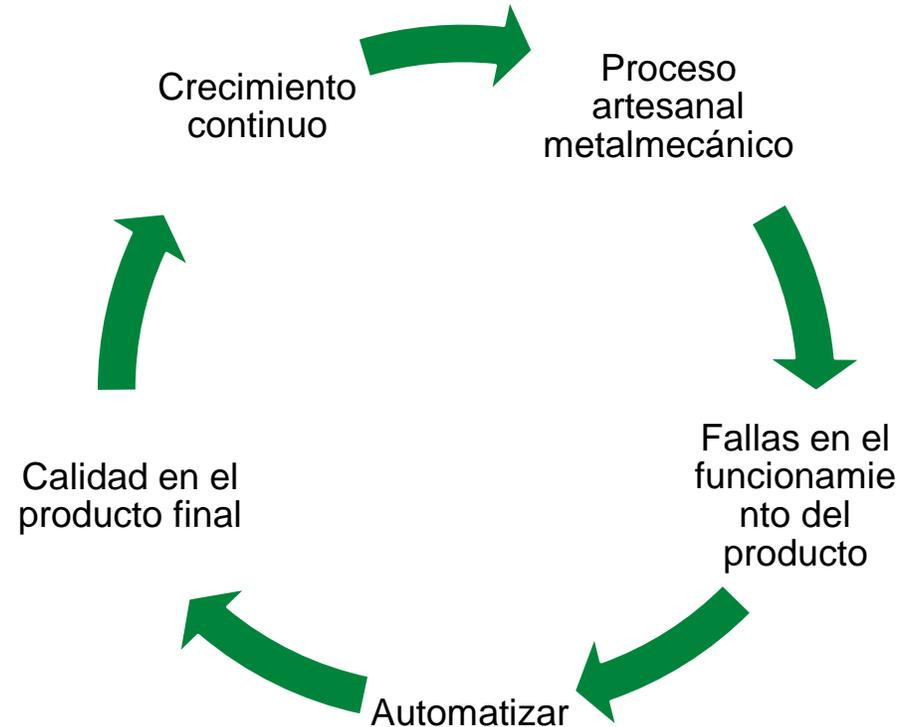
---

- Desarrollar el principios de Smart Manufacturing de registro en la implementación del sistema automatizado.
- Desarrollar el servidor web que permita visualizar el registro de la producción en tiempo real de los codos de conducto redondo.
- Realizar pruebas, analizar resultados y retroalimentarlos para obtener un producto de calidad.



## JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se justifica, porque mediante la implementación de este sistema se permitirá a la empresa mejorar el tiempo de producción y a la vez un excelente acabado de los empalmes curvos del codo de conducto redondo.





## JUSTIFICACIÓN

### Proceso *manualmente*

La elaboración de codos de sistemas de ventilación tiene como proceso inicial el biselado del bisel hembra y macho como se muestra



El segundo proceso consta del sellado de los biseles mediante una serie de golpes con el martillo.

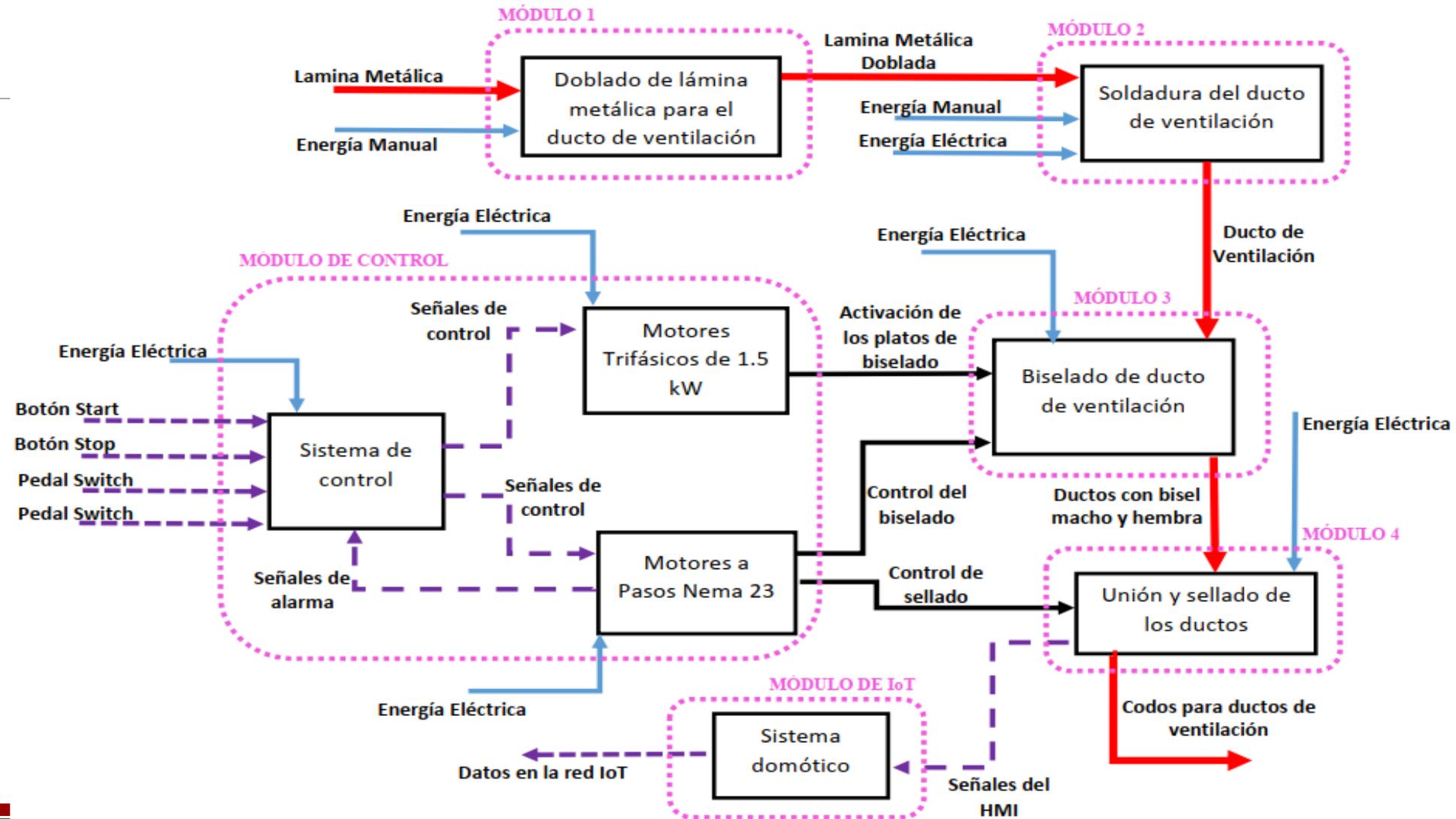


## Necesidades del Cliente

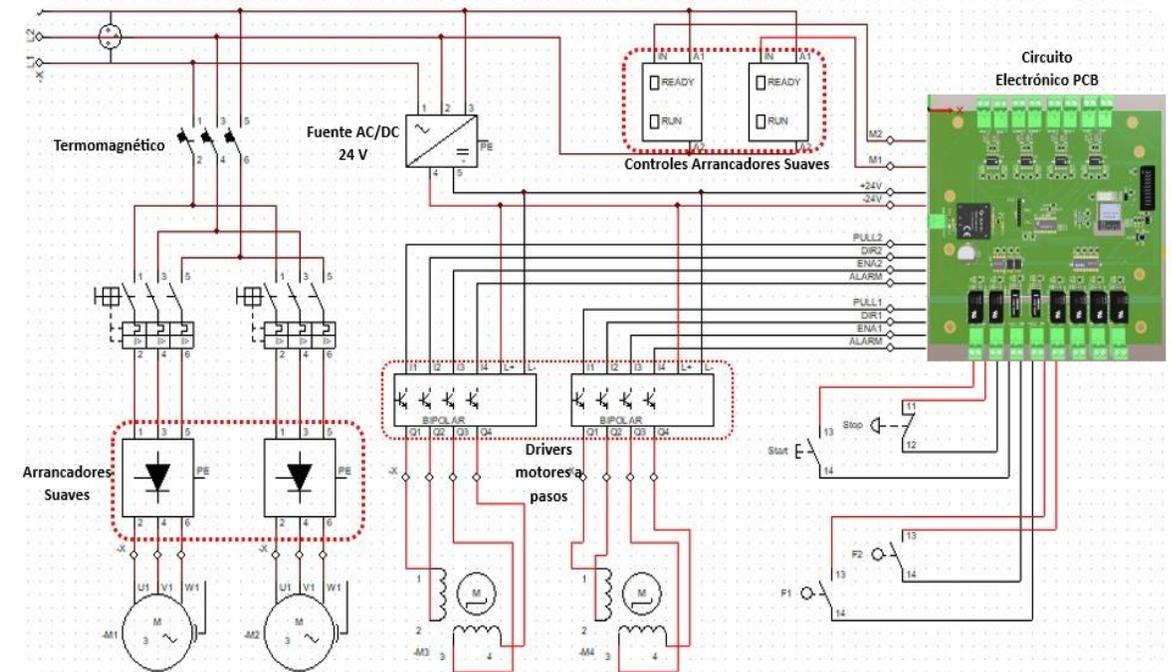
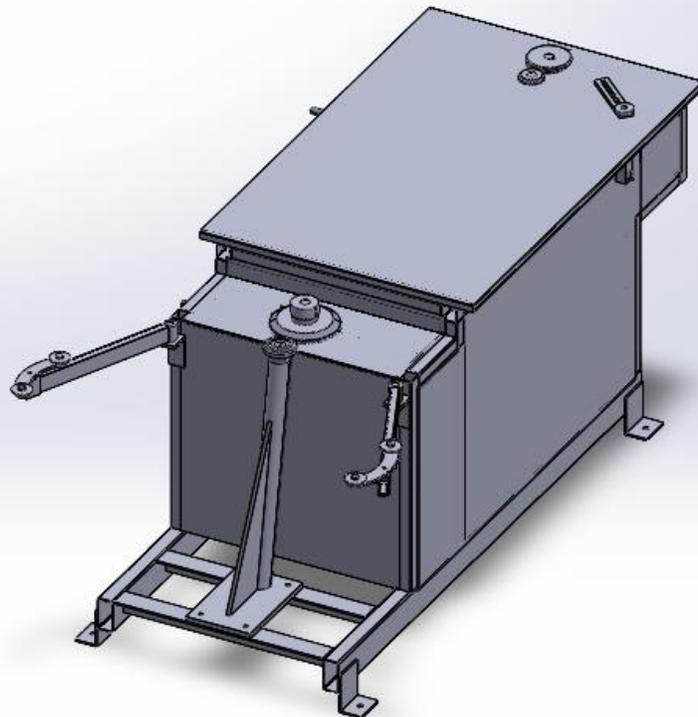


Núm.		Necesidad	Imp.
1	El sistema	Capacidad mínima de 1000 unidades por clase	5
2	El sistema	Empacado automático de 4 o 6 unidades por clase	5
3	El sistema	Fácil de manipular y reprogramar	4
4	El sistema	Preciso en el conteo y empacado	5
5	El sistema	Tiene un costo accesible	4
6	El sistema	Visualización de datos de producción de forma remota	4
7	El sistema	Fácil mantenimiento y limpieza	4
8	El sistema	Cuidado del operario	4
9	El sistema	Mínima intervención Humana	4
10	El sistema	Produce un ruido moderado	2
11	El sistema	Aumenta la producción de kits de instalación	5
12	El sistema	Permite un sellado de buena calidad	4
13	El sistema	Mejora la presentación de los kits de instalación	3

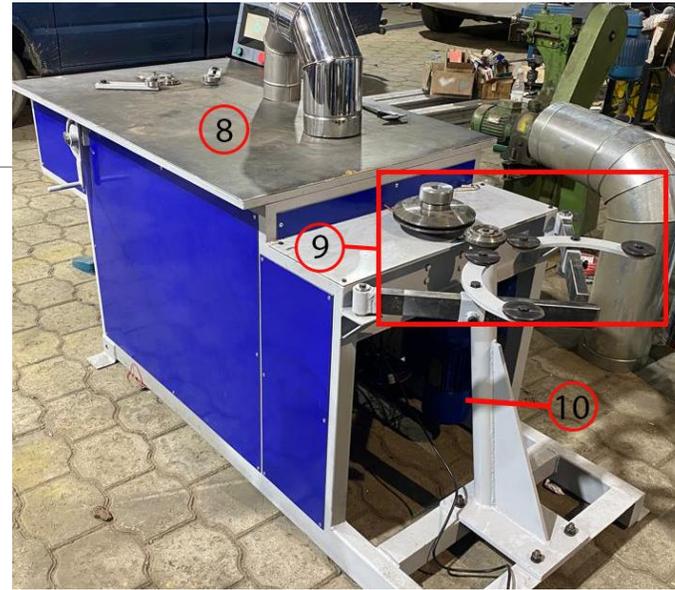
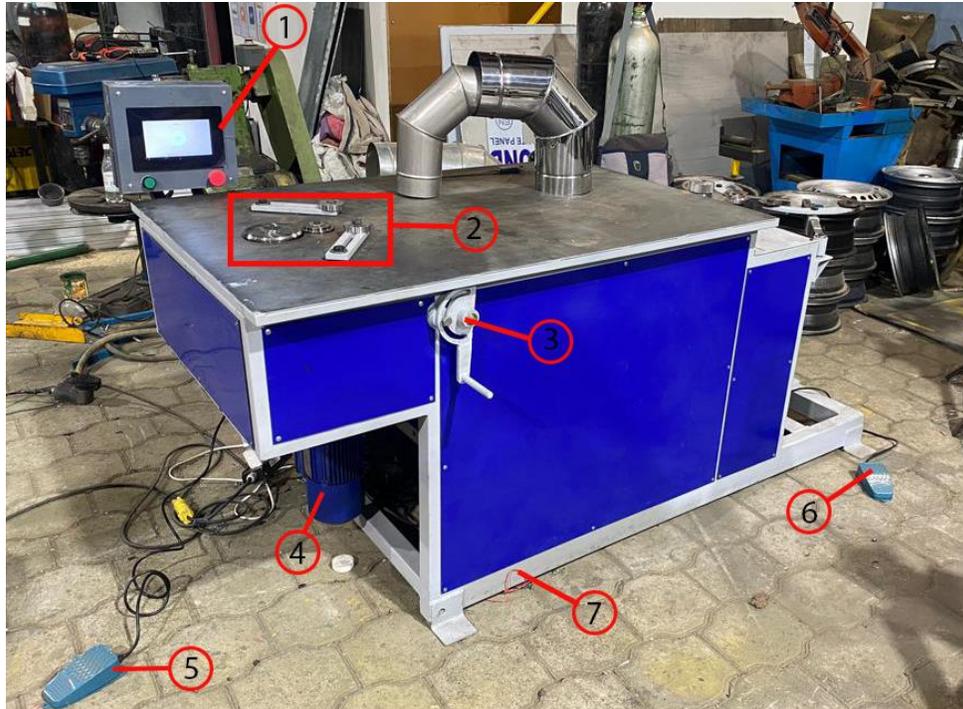
## Estructura Funcional del Sistema



## Diseño CAD de la maquinaria



## 4. Construcción, Pruebas y Resultados



- 1) Panel de Control
- 2) Sistema de biselado Macho/Hembra
- 3) Nivelador de la mesa
- 4) Motor de la sección de biselado
- 5) Pedal eléctrico del área de biselado
- 6) Pedal eléctrico del área de sellado
- 7) Estructura metálica
- 8) Mesa de trabajo
- 9) Sección de sellado
- 10) Motor principal del área de sellado
- 11) Tablero de Control
- 12) Recubrimientos de la estructura



**Proceso semiautomático**

La elaboración de codos de sistemas de ventilación tiene como proceso inicial el biselado del bisel hembra y macho como se muestra



El segundo proceso consta del sellado de los biseles



**Construcción, Pruebas y Resultados**

**Pruebas y Resultados**

**Bisel hembra**



**Bisel macho**



N. De codos	Longitud de biselado macho (mm)		Longitud de biselado hembra (min.)
10	5	5	5
10	4,98	4,94	4,95

**Exactitud proceso de bisel de 10 unid**

	Am	Bm	Bh
	2%	6%	5%

**Precisión**

	Am	Bm	Bh
	92%	91%	93%

## Construcción, Pruebas y Resultados

### Registro de la producción

The screenshot shows a web interface for 'thinger.io' with a table titled 'PRODUCCION DE CODOS'. The table has columns for MATERIAL, ESPESOR, ANGULO, FECHA, and CANTIDAD. The data is as follows:

MATERIAL	ESPESOR	ANGULO	FECHA	CANTIDAD
GALVANIZADO	0.4	45	14/2/2023	2
ACERO	0.6	90	14/2/2023	1
GALVANIZADO	0.4	90	14/2/2023	1
ACERO	0.6	90	14/2/2023	2
GALVANIZADO	0.9	45	14/2/2023	2
GALVANIZADO	0.4	45	14/2/2023	1
ACERO	0.9	45	14/2/2023	1
GALVANIZADO	0.6	45	14/2/2023	1

	A	B	C	D	E	F	G	
1								
2								
3								
4	PRODUCCION DE CODOS							
5								
6						FECHA	14/2/2023	
7	<b>MATERIAL</b>	<b>ESPESOR</b>	<b>ANGULO</b>	<b>FECHA</b>	<b>CANTIDAD</b>			
8	GALVANIZADO	0.4	45	14/2/2023	2			
9	ACERO	0.6	90	14/2/2023	1			
10	GALVANIZADO	0.4	90	14/2/2023	1			
11	ACERO	0.6	90	14/2/2023	2			
12	GALVANIZADO	0.9	45	14/2/2023	2			
13	GALVANIZADO	0.4	45	14/2/2023	1			
14	ACERO	0.9	45	14/2/2023	1			
15	GALVANIZADO	0.6	45	14/2/2023	1			

***Validación de Hipótesis***

¿El diseño e implementación de un sistema automatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionada, utilizando los principios de Smart Manufacturing permitirá mejorar el tiempo de producción en la empresa “Industrias Metálicas JB” de la ciudad de Latacunga?

***Validación de tiempo de producción de 10 unidades***

## Construcción, Pruebas y Resultados

### Validación de Hipótesis

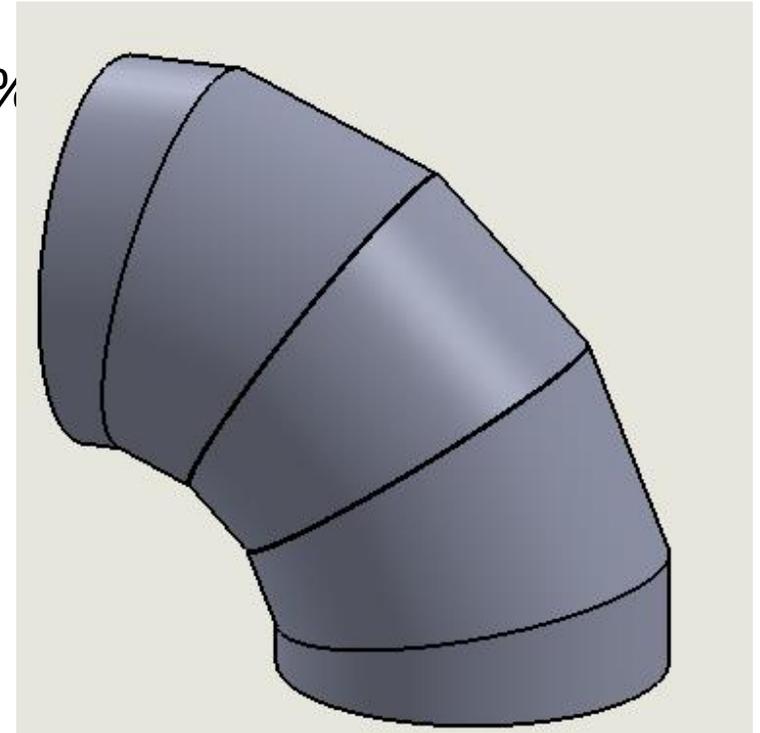
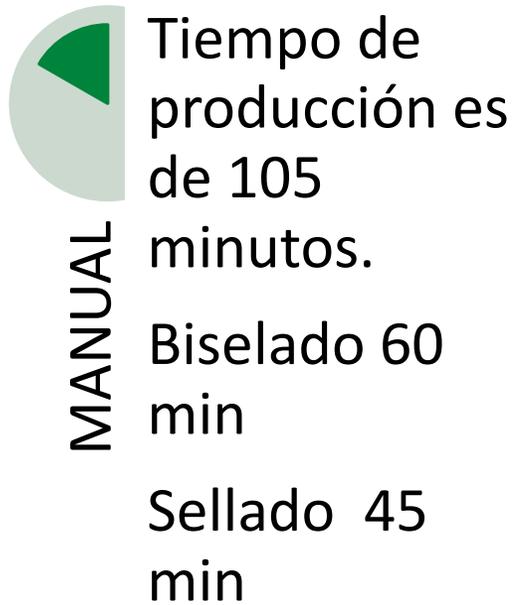
### Validación de tiempo de producción de 10 unidades

Número de prueba	Material	Diámetro	Ángulo	Espesor	Tiempo de ejecución "Biselado"	Tiempo de ejecución "Sellado"
1	Ac. Inox	120mm	45°	0.6	8 min c/u	4 min c/u
2	Ac. Inox	120mm	90°	0.6	8 min c/u	4 min c/u
3	Ac. Inox	160mm	45°	0.4	8 min c/u	4 min c/u
4	Ac. Inox	160mm	90°	0.4	8 min c/u	4 min c/u
5	Galvanizado	150mm	45°	0.4	8 min c/u	4 min c/u
6	Galvanizado	150mm	90°	0.4	8 min c/u	4 min c/u
7	Galvanizado	180mm	45°	0.4	8 min c/u	4 min c/u
8	Galvanizado	180mm	90°	0.4	8 min c/u	4 min c/u
9	Galvanizado	200mm	45°	0.4	8 min c/u	4 min c/u
10	Galvanizado	200mm	90°	0.4	8 min c/u	4 min c/u

Número de prueba	Material	Diámetro	Ángulo	Espesor	Tiempo de ejecución "Biselado"	Tiempo de ejecución "Sellado"
1	Ac. Inox	120mm	45°	0.6	18 min	15 min c/u
2	Ac. Inox	120mm	90°	0.6	17 min	15 min c/u
3	Ac. Inox	160mm	45°	0.4	16 min	15 min c/u
4	Ac. Inox	160mm	90°	0.4	15 min	15 min c/u
5	Galvanizado	150mm	45°	0.4	15 min	15 min c/u
6	Galvanizado	150mm	90°	0.4	14 min	15 min c/u
7	Galvanizado	180mm	45°	0.4	15 min	15 min c/u
8	Galvanizado	180mm	90°	0.4	15 min	15 min c/u
9	Galvanizado	200mm	45°	0.4	15 min	15 min c/u
10	Galvanizado	200mm	90°	0.4	16 min	15 min c/u

**Validación de Hipótesis**

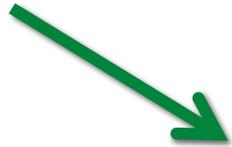
**Validación de tiempo de producción de 10 unidades**



**Construcción, Pruebas y Resultados**

**Comparación del producto final**

**PROCESO  
MANUAL**



**PROCESO  
SEMIAUTOMATIZADO**



### ***Conclusiones***

---

- Se diseñó e implementó un sistema semiautomatizado para la elaboración de codos de conducto redondo empleados en sistemas de ventilación y aire acondicionado, con el registro de la producción en la empresa “Industrias Metálicas JB”, medio del diseño mecánico y electrónico implementado en el mismo.
- En base a la información obtenido del proceso manual de la elaboración de codos para sistemas de ventilación de la empresa y con las especificaciones técnicas de máquinas comerciales existen fuera del país se logró diseñar un modelo de maquina biseladora y selladora de ductos de ventilación con las características específicas para los cumplir con las necesidades de la empresa patrocinadora.

## ***Conclusiones y Recomendaciones***

### ***Conclusiones***

---

- La relación de tiempos en la elaboración de codos de ventilación en comparación con el proceso manual en la empresa es de 48/75, es decir de forma manual llevaba su elaboración alrededor de 75 minutos mientras que con el sistema implementado es de 48 minutos lo cual no demuestra que hay una optimización de tiempo del 164%, lo cual valida en gran medida la hipótesis planteada.
- Con la implementación del sistema semiautomático de elaboración de codos se redujo el error de fabricación de los biseles para la formación de codo, teniendo un error del 2% en la elaboración de la distancia de Am, un error del 6% en la elaboración de la distancia de Bm del biselado macho y un error de la elaboración de la distancia bh 5% en el biselado hembra, con esto se está generando mayor exactitud en el proceso de elaboración, ya que con el proceso manual se tenía muchos errores en la precisión de los operarios.

## ***Conclusiones y Recomendaciones***

### ***Conclusiones***

---

- Para el diseño de las partes móviles se recurre al uso de sistemas de engranajes y tornillos sin fin para la transmisión de movimiento desde los motores a los platos biseladores- Tomando en cuenta la necesidad de un alto torque, se opta por el uso de cajas reductoras en todos los motores, siendo estos trifásicos de 220VAC y los motores a pasos con driver de 24VDC, con esto podemos conseguir un aumento de torque y que la maquina trabaje a velocidades más bajas para mejorar el control de los ductos por el operario.
- Para el control de los motores y para el accionado de los mismos se optó por recurrir a arrancadores suaves por lo que el uso de los motores es repetitivo y estos serán operados por periodos cortos de tiempo, pero en intervalos seguidos. Así con los arrancadores suaves se prolonga la vida de los motores trifásicos, así como de los motores a pasos mediante el uso de un driver, todo esto controlado y registrado mediante el sistema HMI de la pantalla Touch y el circuito electrónico.

## ***Conclusiones y Recomendaciones***

### ***Conclusiones***

---

- Una forma de recopilación de datos, de los tipos de codos, el material, el espesor y el ángulo de los codos para conductos de ventilación que se realizan se lo hace mediante el sistema de registro IoT, que ayuda a la empresa a llevar un mejor registro de cuáles son los tipos de codos de ventilación que se realizan más y cuantos de los mismos se pueden fabricar en un día de trabajo.
- Al realizar una comparación visual de los productos terminados entre el proceso manual y el proceso semiautomático se puede notar que el acabado del codo para sistemas de ventilación tiene menor maltrato a la materia prima por lo que mejora gradualmente los estándares de calidad para la empresa.

## **Recomendaciones**

---

- Se recomienda medir el torque necesario para el trabajo y maquinación de los materiales más duros, en los espesores máximos del proceso para evitar que al momento de realizar las pruebas se deba adaptar motores a torques que no estaban previstos desde el inicio.
- Se debe probar el funcionamiento de todos los motores en vacío antes de proceder con las pruebas con los materiales, ya que eso minimiza el riesgo que existe por factores externos y evita el desperdicio de material.

## **Recomendaciones**

---

- Si se desea cambiar algún elemento de la máquina por uno distinto al que tiene originalmente es necesario volver a calibrar los valores de los parámetros, ya que los elementos varían entre ellos, realizar pruebas y grabar los nuevos valores en la tarjeta para el correcto funcionamiento de la máquina.
- Al momento de realizar el mantenimiento mecánico de la máquina es necesario enfocarse en el desgaste de los rodillos ya que están trabajando en contacto directo con el material a pesar que el material tiene material templado puede haber un deterioro.

## **Recomendaciones**

---

- Se recomienda realizar un cambio en el sellado del tubo principal para la conformación del codo de ventilación, ya que de la manera que ahora se realiza el sellado del tubo se forma una lámina 4 veces el espesor escogido y si se sigue con este proceso se puede forzar al mecanismo diseñado.
- Se puede observar que al cambiar el proceso de elaboración del codo de ventilación se mejora la calidad del producto por lo que se recomienda para trabajos o adquisiciones posteriores de la empresa que se cambie el proceso de elaboración de los tubos principales.

---

**GRACIAS**

