

ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE USAR DOBLADORA 3D
CNC EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUENTES DE COBRE EN
TECAM S.A.

NICOLE ORTEGA FERNÁNDEZ
ANDRES FELIPE MONTOYA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA CATÓLICA LUMEN GENTIUM
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2019

ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE USAR DOBLADORA 3D
CNC EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUENTES DE COBRE EN
TECAM S.A.

NICOLE ORTEGA FERNÁNDEZ
ANDRES FELIPE MONTOYA

Proyecto presentado para optar al título de
Ingeniero Industrial

Director
NESTOR MAURICIO CASTAÑEDA
Magister Ingeniería Industrial

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA CATÓLICA LUMEN GENTIUM
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del jurado

Firma del jurado

Cali, 13 de marzo de 2020

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la familia por apoyarnos en cada decisión y proyecto, gracias a la universidad, por habernos permitido formarnos en ella y a todas las personas que fueron partícipes de nuestro proceso.

Gracias a Dios por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Agradecimientos al tutor de este proyecto el Ing. Mauricio Castañeda por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a nuestras sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las misma.

Gracias a mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. JUSTIFICACIÓN	20
3.1 ALCANCE	20
3.2 IMPACTOS ESPERADOS	20
4. ESTADOS DEL ARTE	22
4.1 ANÁLISIS DE REEMPLAZO DE EQUIPOS INDUSTRIALES EN EL ÁREA DE TALLER CENTRAL-SECCIÓN HIDRONEUMÁTICA.....	22
4.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE SUSTITUCIÓN DE ACTUALES INYECTORAS 23	
4.3 PROPUESTA DE PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE UNA MÁQUINA DOBLADORA DE TUBOS MEDIANTE PLC	23
5. MARCO REFERENCIAL	25
5.1 MARCO CONTEXTUAL.....	25
5.1.1 POLÍTICA DE CALIDAD	26
5.1.2 MISIÓN	26
5.1.3 VISIÓN	26
5.2 MARCO CONCEPTUAL	27
5.4 MARCO TEÓRICO.....	31
5.4.1 Ingeniería de métodos.....	32
5.4.2 Medición del trabajo.....	33
5.4.3 Estudio de tiempos.....	35
5.4.4 Sg-sst	35
5.4.5 (VPN) Valor presente neto.....	38
5.4.6 Tasa interna de retorno (TIR).....	39

6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	41
6.1 TIPO DE ESTUDIO	41
6.1.1 Estudio descriptivo	41
6.1.2 Estudio exploración.....	41
6.2 METODO DE INVESTIGACIÓN	41
6.2.1 Método comparativo.....	41
6.3 FUENTES, TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	42
6.4 ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	42
6.5 ENTREGABLES	42
6.5.1. Objetivo 1.	42
6.5.2. Objetivo 2.	43
6.5.3. Objetivo 3.	43
7. RESULTADOS	44
7.1 FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO FABRICADO POR TECAM S.A.....	44
7.1.1 Compresor.....	44
7.1.2 Condensador.....	45
7.1.3 Dispositivos de expansión	46
7.1.4 Evaporadores.....	47
7.2 PROCESO OPERATIVO DE TECAM S.A. GENERALIZADO.....	48
7.3 PROCESO DE FABRICACIÓN EQUIPOS AIRE ACONDICIONADO.	49
7.4 EQUIPOS FABRICADOS CON PUENTES EN SUS SERPENTINES EN TECAM S.A.61	
7.5 PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUENTES DE TUBERÍA DE COBRE:	62
7.6 COSTO FABRICACION PUENTES DE TUBERIA DE COBRE	66
7.7 DIFERENCIA ENTRE COSTOS	71
7.7.1 Análisis diferencia entre costos.	71
7.8 PROCESO PROPUESTO.....	71
7.8.1 Máquina dobladora CNC.....	71
7.8.2 Comparación entre la máquina dobladora manual fija y la dobladora CNC..	75

7.8.3 Análisis técnico del adecuamiento máquina dobladora CNC	76
7.8.4 Proceso de doblado de puentes en máquina dobladora CNC.....	83
7.8.5 Costo fabricación de los puentes de tubería de cobre (proceso propuesto) .	91
7.8.6 Diferencia entre costos.....	93
7.8.6.1 Análisis de diferencia entre costos.....	94
7.9 COMPARACIÓN MÉTODO ACTUAL VS MÉTODO PROPUESTO.....	94
7.9.1 Salud ocupacional.....	94
7.9.2 Calidad del producto.....	95
7.9.3 Estrategia.....	97
7.9.4 Costos.....	97
7.9.5 Análisis de método actual vs método propuesto.....	102
8. CONCLUSIONES	104
9. RECOMENDACIONES.....	106
10. BIBLIOGRAFÍA	107
11. ANEXOS	110

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama Causa y Efecto	18
Figura 2. Logo de TECAM S.A.....	25
Figura 3 Clasificación Y Designación de Seguridad de Refrigerantes	31
Figura 4. Principales Técnicas de Medición del Trabajo.....	34
Figura 5 Diagrama elementos básicos de un sistema de refrigeración.....	44
Figura 6 Compresor de equipos de climatización	45
Figura 7 Condensadores equipos de climatización.....	46
Figura 8 Válvulas de expansión de equipos de climatización	47
Figura 9 Evaporadores de equipos de climatización.....	48
Figura 10 Diagrama de operación de producción	49
Figura 11 Diagrama de proceso de fabricación de equipos en TECAM S.A.....	50
Figura 12 Maquina Cizalla	51
Figura 13Maquinas Punzonadoras	51
Figura 14 Maquina Dobladoras de lámina	52
Figura 15 Área pintura en polvo.....	53
Figura 16Parte externa del almacén suministros	53
Figura 17 Maquina FIN PRESS	54
Figura 18 Área de soldadura autógena.....	54
Figura 19 Área de accesorios de cobre	55
Figura 20 Maquina dobladora fija.....	55
Figura 21Puentes de tuberías de cobre	56
Figura 22 Tanque de pruebas de serpentines	57
Figura 23Chiller 40TR en lamina inoxidable	58
Figura 24 Diagrama de distribución de planta de producción	59
Figura 25 Manejadora comercial TECAM S.A.	61
Figura 26 Manejadora trabajo pesado TECAM S.A.	62
Figura 27 Diagrama de métodos y tiempos	65
Figura 28 Puente con abolladura en la curva.	69

Figura 29 Maquina Dobladora 3D.....	71
Figura 30 Diagrama de elementos básicos de un sistema de refrigeración demarcando las líneas de la tubería.	73
Figura 31 Tuberías del compresor de aire acondicionado de 12TR.....	74
Figura 32 Dado Matriz dobladora manual fija.	77
Figura 33 Distancia dado matriz a collet centro a centro.	78
Figura 34 Distancia punta del collet.	79
Figura 35 Cotización de la fabricación de los troqueles.	82
Figura 36 Troqueles de la maquina dobladora 3D.	84
Figura 37 Listado de programas creados en la dobladora 3D.	85
Figura 38 Panel principal dobladora 3D.....	86
Figura 39 Opciones en el panel de PRGMEDIT en la dobladora 3D	86
Figura 40 Panel de creación de programas en la dobladora 3D.....	87
Figura 41 Ejes de movimiento de la dobladora 3D.	87
Figura 42 Tubería de 7/8 para doblar en la dobladora 3D.	88
Figura 43 Diagrama Métodos y tiempos.	90
Figura 44 Tubería con averías por la maquina manual fija.	96
Figura 45 Tasa interna de retorno TIR.....	100

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Procedimiento básico sistemático para realizar una Medición del Trabajo.	33
Tabla 2 Distribución de planta de producción.	60
Tabla 3 Costo mano de hora empleado sin horas extras en 500 puentes.	66
Tabla 4 Costo mano de hora empleado con horas extras en 500 puentes.	68
Tabla 5 Costo de averías por cada 500 puentes.	69
Tabla 6 Comparación de costos.	71
Tabla 7 diferencia de tiempos máquinas dobladoras.	75
Tabla 8 diferencia de medida del radio de las curvas en las máquinas dobladoras.	75
Tabla 9 Costo capacitación del operario.	79
Tabla 10 Costo de averías en pruebas de la máquina CNC.	80
Tabla 11 Costo total de la curva de aprendizaje.	81
Tabla 12 Costos totales de la inversión inicial.	83
Tabla 13 Costo mano de hora empleado sin horas extras en 500 puentes.	91
Tabla 14 Costo mano de hora empleado con horas extras en 500 puentes.	92
Tabla 15 Costo de averías por cada 500 puentes.	93
Tabla 16 diferencia de costos de producción.	93
Tabla 17 Ahorros semanales de usar máquina CNC en comparación con la máquina manual fija.	98
Tabla 18 Costos totales de adecuamiento.	98
Tabla 19 Tiempo de recuperación de la inversión en años.	100
Tabla 20 Evaluación del ahorro en anualidades con el TIR.	101
Tabla 21 Valor Presente Neto.	102

TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Valor Presente Neto.....	39
Ecuación 2 Tasa Interna de Retorno	40

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1 Carta De Aval Del Jefe De Producción.....	110
---	-----

RESUMEN

En la presente tesis se realiza un estudio de viabilidad técnica y financiera en el proceso de doblado de puentes de cobre para la empresa TECAM S.A, mediante la aplicación de ingeniería de métodos donde se identificó el método más sencillo y eficiente para aumentar la productividad de la fabricación de puentes de cobre en la maquina dobladora CNC 3D, se realizan técnicas de medición del trabajo, para eliminar los tiempo improductivos dentro del proceso de fabricación y se evaluaron por medio de costos de fabricación y mano de obra.

Primeramente se realiza una descripción de los componentes necesarios para el funcionamiento de un equipo de aire acondicionado de la organización, consiguiente se realiza un estudio al proceso operativo general de TECAM S.A. y nos enfocamos principalmente en el proceso de creación de puentes de cobre: en los tiempos de fabricación, los costos en material y costos mano de obra, en la maquina dobladora manual fija, la cual está empleando la organización actualmente, al examinar los resultados de la evaluación de costos se propone realizar un análisis técnico del adecuado a la maquina dobladora CNC 3D para adaptar el proceso de doblado de puentes de cobre, se recopilan los datos sobre los costos de fabricación , los costos de inversión inicial y el tiempo de recuperación de la inversión , y se comparan el método actual con el método propuesto evidenciando cual sería la opción con más efectividad para la organización. Se redactan las conclusiones del desempeño del estudio de viabilidad técnico y financiero, dando respuesta a al objetivo general y específicos de la tesis y se enuncian las recomendaciones para el aumento de productividad y calidad en la organización.

Palabras Claves: Maquina Dobladora CNC, Productividad, Calidad y Costos.

ABSTRACT

In this thesis, a technical and financial feasibility study is carried out in the process of bending copper bridges for the company TECAM SA, through the application of engineering methods that identified the simplest and most efficient method to increase the productivity of the manufacturing of copper bridges on the 3D CNC bending machine, work measurement techniques are performed to eliminate downtime within the manufacturing process and evaluated by manufacturing and labor costs.

Firstly, a description is made of the components necessary for the operation of an organization's air conditioning equipment, therefore a study is made of the general operating process of TECAM S.A. and we mainly focus on the process of creating copper bridges: on manufacturing times, material costs and labor costs, on the fixed manual bending machine, which the organization is currently employing, when examining the results of The cost evaluation proposes to carry out a technical analysis of the adequacy to the 3D CNC bending machine to adapt the bending process of copper bridges, data on manufacturing costs, initial investment costs and recovery time are collected. of the investment, and the current method is compared with the proposed method, showing which would be the most effective option for the organization. The conclusions of the performance of the technical and financial feasibility study are written, responding to the general and specific objective of the thesis and the recommendations for the increase in productivity and quality in the organization are stated.

Keywords: CNC Bending Machine, Productivity, Quality and Costs.

INTRODUCCIÓN

TECAM es una empresa manufacturera de equipos de climatización comercial e industrial, cuenta con servicios de comercialización, fabricación y postventa, está ubicada en la ciudad de Cali en el barrio flora industrial con más de 15 años de trayectoria. Cuenta con oficinas a nivel nacional en Bogotá, Medellín y barranquilla a nivel internacional cuenta con oficinas en Perú, Ecuador y Panamá.

De acuerdo con (OSTER, 2000) se concluye que la competitividad es la capacidad de una organización para brindar un producto o servicio cumpliendo o superando las expectativas de sus clientes, a través del manejo más adecuado de sus recursos incrementando la productividad, la competitividad no solo se direcciona de manera externa, también internamente poder desarrollar ventajas competitivas. (PORTER, 2002) plantea el enfoque de la ventaja competitiva como *“el valor que una empresa logra crear para sus clientes, y que supera los costos”* estas ventajas competitivas por lo general son mejoras que otorgan un valor agregado al producto. Para (ANDERSON, 2011) la ventaja competitiva se fundamenta en la *“productividad”*. Cabe aclarar que la productividad es un índice que relaciona lo producido y los recursos utilizados para generarlo.

Según (QUINTERO, 2013) La eficacia de un proceso productivo se encuentra relacionada con su productividad, su calidad, su costo, su inversión etc. La eficiencia de un proceso productivo puede ser medida mediante una amplia variedad de criterios, pero afirmamos que un proceso es eficiente cuando produce una calidad alta y en consecuencia hay pocos desperdicios, ya que todas las unidades son aprovechables y se gasta poco en asistencia técnica. Al relacionarse con la productividad se tiende a pensar en mejoras de los métodos de trabajo o la automatización de los procesos, brindando optimización en los procesos para asegurar la calidad de la producción.

TECAM S.A., cuentan con procesos para la fabricación de puentes en cobre para aire acondicionado, en los cuales es indispensable el uso de una máquina dobladora manual fija, esta debe ser manejada por un empleado y las condiciones

de calidad finales no siempre son las mejores debido a que dependen en gran medida a la habilidad del operario encargado. En busca de optimizar estos procesos e impactar en la productividad de la empresa se observó que la organización cuenta con una máquina dobladora 3D CNC (control numérico computarizado), que a diferencia de la dobladora manual su funcionamiento es computarizado y automático, en este proyecto de grado se determinó la viabilidad de utilizar dicha máquina en busca de mejorar los tiempos de producción y la calidad de los puentes en la empresa.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con los resultados obtenidos del programa sitelyne, software utilizado por la compañía para el manejo de tiempos e inventarios, se evidencio que en los últimos dos meses de operación se han doblado en promedio 500 puentes de tubería de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro por semana, usando un tiempo de labor promedio de 16 horas, estos son fabricados en cobre y son empleados en los serpentines evaporadores que fabrica TECAM S.A. para los equipos de aire acondicionado, como una conexión hacia los conductos del refrigerante en los serpentines. Para el proceso de doblado de puentes de cobre se usa una dobladora manual fija, la cual genera un radio en las curvas acorde a las especificaciones que solicita el área de ingeniería.

La empresa cuenta con una máquina dobladora 3D CNC, que, de acuerdo con el ingeniero de producción, puede reemplazar la dobladora manual fija generando un valor extra en la empresa; ya que en teoría puede verse una mejora en la calidad de los productos a la vez que se disminuyen los tiempos, desperdicios y costos de fabricación.

TECAM S.A. requiere tomar la decisión de reemplazar o no la máquina actual y para ello se debe realizar un análisis de factibilidad que permita disminuir riesgos en la toma de la decisión ya que en la actualidad la empresa no tiene claro los procesos y costos de realizar este reemplazo, por ello se plantea en la siguiente tabla las causas y efectos para este proyecto de grado.

Figura 1 Diagrama Causa y Efecto

Causa	Falta de conocimiento sobre el uso que se le puede dar a la maquina dobladora CNC	Efecto
Productos que no cuentan con la mejor calidad		Generación de garantías
Aun no se emplea la maquina CNC en su totalidad		Baja productividad
Retrasos en entrega de productos	Perdida de clientes	

Fuente: Creación propia, por medio del diagrama se logran identificar los causales y las consecuencias generadas por la desinformación.

De acuerdo con lo anterior, se plantea la siguiente formulación del problema

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué tan viable es para TECAM S.A. usar una dobladora de tubos CNC en el proceso de fabricación de puentes de cobre?

1.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el proceso actual de fabricación de puentes de cobre para aires acondicionados en TECAM S.A.?

¿Cuáles son las ventajas en la fabricación de puentes de cobre para aires acondicionados con la dobladora de tubos CNC en TECAM S.A.?

¿Qué tan rentable es para TECAM S.A. usar la dobladora de tubos CNC en el proceso de fabricación de puentes de cobre?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la viabilidad de usar una dobladora de tubos 3D CNC como reemplazo de una dobladora manual fija en los procesos de fabricación de puentes de cobre en TECAM. S.A.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el proceso actual de fabricación de puentes de cobre para aires acondicionados en TECAM S.A.
- Proponer un proceso de fabricación de puentes de cobre para aires acondicionados en el que use una dobladora de tubos CNC en TECAM S.A.
- Comparar en términos económicos y prácticos el proceso actual con el propuesto para TECAM S.A.

3 JUSTIFICACIÓN

3.1 ALCANCE

Éste trabajo de grado es un estudio de factibilidad técnica y financiera para determinar si vale la pena reemplazar el proceso actual de fabricación de puentes de aire acondicionado, por uno en el que se incluya el uso de una máquina CNC para doblar las tuberías.

El trabajo incluye un diagnóstico del proceso actual de fabricación de puentes de aire acondicionado en TECAM.S.A., donde se pretende identificar los procesos, los métodos de trabajo y tiempos requeridos con el objetivo de tener el costo de producción de cada puente; después se presenta una propuesta de mejora en los procesos de fabricación de puentes usando una máquina CNC como sustituto de una dobladora manual fija y por último se hace una validación técnica y financiera de la propuesta.

Este trabajo no tiene como objetivo una implementación ni adecuaciones ni diseños a maquinarias.

3.2 IMPACTOS ESPERADOS

El objetivo de toda organización es generar valor al cliente al momento de entregar los productos, realizando mejoras continuas de los procesos para que ocurran con eficacia y eficiencia a lo largo de toda la cadena productiva de la empresa, con el estudio de viabilidad técnica y financiera realizado a la empresa TECAM S.A., se determina si es posible aumentar la producción, perfeccionar la calidad de los tubos de cobre doblados y mejorar los tiempos de fabricación. De acuerdo con (WAFIOS, 2019) empresas productoras y comercializadoras de equipos de climatización les han apostado a las nuevas tecnologías para la elaboración de puentes de cobre, garantizando reducción de costos.

TECAM S.A cuenta con la certificación de la norma ISO 9001, (QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS - REQUEREMENTS, 2015) y El certificado AHRI empleando materiales reciclables y refrigerantes ecológicos, llevando a cabo la

propuesta de mejora se logrará reducir las pérdidas de material lo que significa una menor huella en el impacto ambiental.

La organización cuenta con la implementación del sistema de seguridad y salud en el trabajo SGSST, permitiendo disminuir los riesgos a los cuales están expuestos los trabajadores y disminuir la aparición de enfermedades laborales como resultado de las actividades repetitivas que realizan dentro de la organización.

4 ESTADOS DEL ARTE

4.1 ANÁLISIS DE REEMPLAZO DE EQUIPOS INDUSTRIALES EN EL ÁREA DE TALLER CENTRAL-SECCIÓN HIDRONEUMÁTICA

(SANABRIA, 2016) Este trabajo investigativo se desarrolló en la empresa CVG Venalum, la cual es encargada de la producción del aluminio utilizando como materia prima la alúmina y aditivos químicos, el análisis se centralizó en el taller central-sección hidroneumática, planteándose como objetivo general analizar el reemplazo de equipos industriales, se utilizaron herramientas como el diagrama causa – efecto y análisis DOFA para visualizar las estrategias de mejora a través de la evaluación de fortalezas, oportunidades , debilidades y amenazas que presentó la sección.

Los objetivos en que se poyo el trabajo de Carrión fueron los siguientes:

- Diagnosticar la situación actual de los quipos industriales existentes en el área de taller central-sección hidroneumática.
- Evaluar ODT (ordenes de trabajo) de mantenimiento y porcentaje de disponibilidad de los equipos en el taller central-sección hidroneumática.
- Evaluar las solicitudes de servicios (sub-ODT) que presta el área de taller central-sección hidroneumática, para obtener porcentaje de utilización.
- Proponer la ficha técnica de los equipos que componen el área de taller central-sección hidroneumática.
- Evaluar los aspectos técnicos- comerciales de los quipos industriales a través de un modelo de matriz comparativa.
- Elaborar el plan de reemplazo de equipos a cortos y largo plazo.

Los resultados que se desarrollaron en este trabajo sirvieron como guía para Para determinar el proceso de fabricación de un equipo de aire acondicionado y el diagrama de producción de operación. Durante este análisis se evidencio que las áreas no cuentan con un tiempo estandarizado en la fabricación de aires acondicionados, concentrándonos en el proceso de doblado de puentes de cobre, se identifica que tiempo toma realizar cada actividad para la fabricación de este.

Adicionalmente se identifican los cuellos botella del proceso con el fin de minimizar los errores que se pueden cometer en la realización de ésta actividad.

4.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE SUSTITUCIÓN DE ACTUALES INYECTORAS

(ISA, 2015) Este proyecto de grado tiene como objetivo aplicar la metodología de reducción de costos en una empresa multinacional Baterías Argentinas S.A., del sector industrial, como una alternativa basada en los análisis evaluando la sustitución de las actuales inyectoras, por las nuevas máquinas inyectoras que, a simple vista representan un ahorro y reducción de costos tales como: mano de obra, de energía, reducción del porcentaje de pérdidas por tonelada, reducción de los costos de mantenimiento por mes.

En la empresa Baterías Argentina S.A, utilizan fundamentalmente la inyección para las cajas y tapas de baterías. Uno de los problemas que surgió fue del cash flow, que en los dos primeros meses no se llegaba a cubrir, y el mayor flujo de salida era para la compra de cajas y tapas de Brasil, ya que la planta no podía producir porque una de las inyectoras estaba rota. El Coordinador de Ingeniería, estuvo analizando con la inyectora que no funcionaba, la cantidad de toneladas pérdidas producidas por las inyectoras actuales, el alto costo en mano de obra y energía eléctrica. Se sorprendió al ver que año a año, esos números aumentaban considerablemente con la misma producción e incluso menos.

Tomando como base el punto anterior se realizó un estudio del costo de mano de obra y fabricación de puentes de tubería de cobres, analizando el tiempo muerto en su jornada, En el análisis anterior se observó que se tienen 4 posibilidades de costos en la fabricación de los puentes de tubería de cobre, donde se observan factores que lo afectan como lo son: las horas extras o el número de averías en el producto cuando se elabora.

4.3 PROPUESTA DE PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE UNA MÁQUINA DOBLADORA DE TUBOS MEDIANTE PLC (CONTLA VALENZUELA & LOPEZ VILLEGAS , 2016)

El siguiente trabajo presenta la propuesta para las modificaciones del sistema hidráulico de una máquina dobladora de tubos circulares a un ángulo de 180 por medio del PLC MicroLogix 1100.

Se revisó el estado actual de la máquina, adquirida por una empresa dedicada a fabricar intercambiadores de calor, entre dos equipos, con el propósito de mejorar la calidad del doblado de tubos que se lleva a cabo de manera manual; reduciendo tiempos, pérdidas de material y la cantidad de operadores involucrados en el proceso de doblado de tubos.

Con el fin de alcanzar el objetivo, se determinó la secuencia de los cilindros hidráulicos por medio de un diagrama de espacio-fase, se hicieron cálculos para determinar qué tipo de cilindros son necesarios, el caudal total requerido por el sistema y la fuerza necesaria para el curvado de tubo a 180.

El PLC (Controlador Lógico Programable), fue la herramienta utilizada para la simulación de la secuencia de los cilindros para el doblado de tubos y que junto con el diagrama en escalera y el diagrama de simulación de E/S, permitieron desarrollar la propuesta de automatización para la máquina dobladora.

En este proyecto de tesis se propone una mejora del doblado de tubos de manera manual simulando la automatización del doblado por medio del PLC. También se determinó que es posible aumentar la producción, reducir cantidad de operadores, mejorar tiempos de producción y la calidad de los tubos doblados. (Contla y López, 2016).

En base al sistema de viabilidad de sustitución se toma como referencia las herramientas de la ingeniería para determinar el estado actual del proceso de fabricación de puentes de cobre en la máquina dobladora manual fija e identificar el tiempo muerto de las diferentes actividades, por medio de un Análisis de PESCATO y estudio del sistema de seguridad y salud en el trabajo para la elaboración del método propuesto en la maquina dobladora CNC.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO CONTEXTUAL

Figura 2. Logo de TECAM S.A.



Fuente: Documentos (TECAM S.A.)

TECAM S.A., hace parte de un grupo empresarial con más de 60 años de experiencia entre las cuales se encuentran Carvel S.A. y TRS Partes.

Fabricamos sistemas de aire acondicionado y refrigeración con los más altos estándares de calidad mundial, respaldado por certificaciones como AHRI e ISO 9001.

TECAM S.A., ha concentrado su esfuerzos en lograr un acondicionamiento ambiental mediante el control de cuatro factores fundamentales (temperatura , ventilación, filtración y humedad) estos cuatro factores son determinantes en aplicaciones confort industriales, farmacéuticas, ambientales, hospitalarias alimenticias e institucionales, el acondicionamiento ambiental debe hacerse de una forma sostenible y respetando al máximo el cuidado del medio ambiente en TECAM S.A., han logrado responder eficazmente a las demandas a través de un completo portafolio de productos para aire acondicionado, ventilación, calentamiento y control de humedad. Elaborados con la línea de productos Harmony que garantiza una alta eficiencia energética. En TECAM S.A., emplean materiales reciclables y refrigerantes ecológicos que disminuyen el consumo de energía y no contaminan ni dañan la capa de ozono.

TECAM S.A., tiene cubrimiento en el territorio nacional y en más de 10 países en Centro y Suramérica. Cuenta con una infraestructura propia distribuida en parte administrativa y producción; en el área administrativa encontramos puestos como: secretarias, recursos humanos, departamentos de compras, vendedores, ingeniería, diseño, logística, planeación, control calidad, entre otros puestos. En el

área de producción encontramos procesos adecuados con maquinaria acorde a nuestras necesidades y las demandas de los clientes: cizallas, punzadoras, fin press, máquinas dobladoras de tubo, dobladoras de lámina, área de soldadura autógena, área de soldadura eléctrica, área de pintura, área de aislada y cuenta con 6 zonas de ensamble de máquinas donde cada zona se especializa en un grupo específico de máquinas; cada proceso está acompañado por operarios altamente calificados para todas sus labores y obtener el mejor desempeño.

5.1.1 política de calidad

“TECAM S.A., se compromete a suministrar gran variedad de productos para el aire acondicionado y refrigeración en forma oportuna, elaborado dentro de procesos de innovación y mejoramiento continuo, con la suficiente información técnica para lograr la plena satisfacción de nuestros clientes”

5.1.2 Misión

Satisfacer los requisitos y expectativas de nuestros clientes, manufacturando equipos para aire acondicionado y refrigeración, con tecnología de punta y logrando el reconocimiento por nuestra confiabilidad, versatilidad y equipo humano altamente competente.

5.1.3 Visión

Seremos líderes Nacionales e Internacionales en soluciones integrales de aire acondicionado y refrigeración, buscando e implementando continuamente factores que aumenten nuestra competitividad, ofreciendo a nuestros clientes diversidad de productos con valor agregado y el firme compromiso de actuar con responsabilidad social.

5.2 MARCO CONCEPTUAL

- CNC: El control numérico por computadora (o más comúnmente conocido como CNC), es un sistema que permite controlar en todo momento la posición de un elemento físico. Normalmente una herramienta, que está montada en una máquina.

Esto se consigue mediante un programa y un conjunto de órdenes añadidas. Con ambos, se pueden controlar las coordenadas de posición de un punto (la herramienta que trabaja el producto) respecto a un origen (la posición de la máquina). En pocas palabras, estamos trabajando con una especie de GPS, pero aplicado al mundo de los mecanizados, y muchísimo más preciso.

- SERPENTINES: Se le denomina a un tubo de forma frecuentemente espiral, utilizado comúnmente para enfriar vapores provenientes de la destilación en un calderón y así condensarlos en forma líquida. Suele ser de cobre u otro material que conduzca el calor fácilmente. Este aparato se utiliza de diversas formas, pero más comúnmente en el laboratorio de química. Son intercambiadores de calor de superficie extendida, a través de sus tubos internos circula el fluido que puede ser agua, aceite, aire, vapor, refrigerante, etc. en la parte exterior, justo por el lado de la aleta, normalmente pasa el aire para enfriar o calentar, dependiendo de la aplicación que se requiera.

- DOBLADO DE PUENTES: máquina utilizada en obra para doblar barras de hierro. Pueden ser manuales o eléctricas. Llevan un pedal y un mando de mano para su manejo. Suelen estar montadas en un chasis dotado de ruedas para facilitar su desplazamiento.

- COMPRESOR: es una máquina, cuyo trabajo consiste en incrementar la presión de un fluido. Al contrario que otro tipo de máquinas, el compresor eleva la presión de fluidos compresibles como el aire y todo tipo de gases.

Como hemos dicho, todos los compresores incrementan la presión de un gas, pero no lo hacen de la misma forma. Existen muchos tipos de compresores en función de su diseño. Los más conocidos son:

Desplazamiento positivo:

- Compresores de pistón
- Compresores de tornillo
- Compresores de paletas
- Compresores de lóbulos o émbolos rotativos
- Compresores scroll
- Bombas de vacío

Dinámicos

- Compresores centrífugos axiales
 - Compresores centrífugos radiales
- CONDESADOR: Elemento eléctrico que tiene la capacidad de almacenar la energía eléctrica. La carga almacenada entre ambas placas es proporcional a la diferencia de potencial entre ellas. El valor de la capacidad de un condensador viene dado por la fórmula siguiente:

$$C = \frac{Q}{U} \quad \text{donde:}$$

C: Capacidad
Q: Carga eléctrica almacenada.
U: Voltios

Tipos de condensadores eléctricos

- Condensadores de cerámica
- Condensadores de lámina de plástico
- Condensadores de mica
- Capacitores de poliéster
- Condensadores electrolíticos
- Capacitores variables giratorios

- Capacitores ajustables (trimmer)

- CIRCUITO FRIGORÍFICO: Los denominados sistemas frigoríficos o sistemas de refrigeración corresponden a arreglos mecánicos que utilizan las propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos o más focos, conforme se requiera. Están diseñados primordialmente para disminuir la temperatura del producto almacenado en cámaras frigoríficas o cámaras de refrigeración, las cuales pueden contener una variedad de alimentos o compuestos químicos,

- CAPACIDAD FRIGORÍFICA: Permiten conservar alimentos, medicamentos, productos químicos y productos sensibles a una temperatura distinta de la temperatura ambiente (generalmente calor), mejorando nuestra calidad de vida y subsistencia cotidiana

La capacidad frigorífica (potencia frigorífica) de un dispositivo es la medida de la potencia de un sistema de refrigeración. Indica la cantidad de calor que es capaz de absorber (expresada en frigorías) por hora de funcionamiento. La capacidad frigorífica se expresa en frigorías / hora.

- CHILLER'S: Un chiller es una unidad enfriadora de líquidos. Este es capaz de enfriar el ambiente usando la misma operación de refrigeración que los aires acondicionados o deshumidificadores, enfría el agua, aceite o cualquier otro fluido. Esta solución enfriada puede ser usada en un amplio rango de operaciones.

Los Chillers pueden ser enfriadores de aire o agua. Estos para enfriar el agua, incorporan el uso de torres de enfriamiento, las cuales mejoran la termodinámica de los mismos en comparación con los chillers para enfriar aire.

- TROQUELES: Se le llama troquel a la herramienta que montada en una prensa permite realizar operaciones diversas tales como:

- Cizallado

- Corte de sobrante

- Doblado
- Picado
- Perforado
- Estampado
- Embutido
- Marcado
- Rasurad

5.3 MARCO JURÍDICO

A continuación, se citan algunas normas, resoluciones y decretos que se deben cumplir en Colombia. Referente al diseño, la fabricación y la instalación de productos y sistemas, Para determinar la eficiencia y el rendimiento de los mismo, así como de los refrigerantes¹, determinando los conocimientos y orientaciones a los técnicos hacia las mejores prácticas a la hora de manipular sistemas y refrigerantes en conclusión en todo Procesos que impliquen la utilización de refrigerantes, tales como producción, contabilidad, certificación, formación, etc.

Las principales organizaciones internacionales y regionales de normalización son:

- CEI - Comisión Electrotécnica Internacional
- ISO - Organización Internacional de Normalización
- CEN - Comité Europeo de Normalización
- CENELEC - Comité Europeo de Normalización Electrotécnica

Algunos organismos nacionales de normalización tienen un alcance e influencia tales que, en la práctica, pueden considerarse como organizaciones regionales o internacionales. Es el caso de:

- ASHRAE, Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado.
- ANSI, Instituto Nacional de Normalización de los Estados Unidos.
- ISO 14001:2015 – Sistemas de gestión ambiental.
- IEC 60335-1:2010 Aparatos electrodomésticos y análogos - Seguridad y requisitos generales.

- EN 13313:2010 Sistemas de refrigeración y bombas de calor Competencia del personal.
- ISO 5149:2014 Sistemas de refrigeración mecánicos utilizados para enfriamiento y calefacción – Requisitos de seguridad.
- ISO 817:2014 Refrigerantes – Designación y clasificación de seguridad.

Figura 3 Clasificación Y Designación de Seguridad de Refrigerantes

	Baja toxicidad	Alta toxicidad	
Sin propagación de llama (considerados no inflamables)	A1	B1	Riesgo creciente: inflamabilidad ↓
Baja inflamabilidad	A2L	B2L	
Inflamador	A2	B2	
Alta inflamabilidad	A3	B3	
Riesgo creciente: toxicidad →			

Fuente: Recuperado de (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2015)

- ISO 17584:2005 Propiedades de los refrigerantes.
- ISO 11650:1999 Rendimiento de equipos para la recuperación y/o el reciclado de refrigerantes.
- IEC 60335-1:2010 Aparatos electrodomésticos y análogos – Seguridad y requisitos generales.
- ANSI/ASHRAE 15-2013 Norma de seguridad para sistemas de refrigeración.
- Decreto 1072:2015 regula el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

5.4 MARCO TEÓRICO

El presente trabajo además de analizar la viabilidad técnica y financiera al utilizar la dobladora 3D CNC, también busca reducir el impacto ambiental de los procesos desarrollados por la empresa TECAM S.A., Para poder hacerlo es conveniente

aclarar algunos conceptos o herramientas que serán utilizadas para el desarrollo de la investigación propuesta.

5.4.1 Ingeniería de métodos.

El Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos es una de las más importantes técnicas del Estudio del Trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.

La evolución del Estudio de Métodos consiste en abarcar en primera instancia lo general para luego abarcar lo particular, de acuerdo con esto el Estudio de Métodos debe empezar por lo más general dentro de un sistema productivo, es decir "El proceso" para luego llegar a lo más particular, es decir "La Operación".

En muchas ocasiones se presentan dudas acerca del orden de la aplicación, tanto del Estudio de Métodos como de la Medición del Trabajo.

En este caso vale la pena recordar que el Estudio de Métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una tarea u operación, a su vez que la Medición del Trabajo se relaciona con la investigación de tiempos improductivos asociados a un método en particular. Por ende podría deducirse que una de las funciones de la Medición del Trabajo consiste en formar parte de la etapa de evaluación dentro del algoritmo del Estudio de Métodos, y esta medición debe realizarse una vez se haya implementado el Estudio de Métodos; sin embargo, si bien el Estudio de Métodos debe preceder a la medición del trabajo cuando se fijan las normas de producción, en la práctica resultará muy útil realizar antes del Estudio de Métodos una de las técnicas de la Medición del Trabajo, como lo es el muestreo del trabajo.

Los beneficios corolarios de la aplicación de la Ingeniería de Métodos son:

- Minimizan el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.

- Conservan los recursos y minimizan los costos especificando los materiales directos e indirectos más apropiados para la producción de bienes y servicios.
- Efectúan la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía.
- Proporcionan un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.
- Maximizan la seguridad, la salud y el bienestar de todos los empleados o trabajadores.
- Realizan la producción considerando cada vez más la protección necesaria de las condiciones ambientales.
- Aplican un programa de administración según un alto nivel humano.

5.4.2 Medición del trabajo

(Colmenares, Leopoldo 2011). La Medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándose según una norma de ejecución preestablecida".

El Estudio de Métodos es la técnica por excelencia para minimizar la cantidad de trabajo, eliminar los movimientos innecesarios y sustituir métodos. La medición del trabajo a su vez, sirve para investigar, minimizar y eliminar el tiempo improductivo, es decir, el tiempo durante el cual no se genera valor agregado.

Una función adicional de la Medición del Trabajo es la fijación de tiempos estándar (tiempos tipo) de ejecución, por ende es una herramienta complementaria en la misma Ingeniería de Métodos, sobre todo en las fases de definición e implantación. Además de ser una herramienta invaluable del coste de las operaciones.

Las etapas necesarias para efectuar sistemáticamente la medición del trabajo ver en Tabla 1.

Tabla 1. Procedimiento básico sistemático para realizar una Medición del Trabajo.

SELECCIONAR	El trabajo que va a ser objeto de estudio.
REGISTRAR	Todos los datos relativos a las circunstancias en que se realiza el trabajo, a los métodos y a los elementos de actividad que suponen.

EXAMINAR	Los datos registrados y el detalle de los elementos con sentido crítico para verificar si se utilizan los métodos y movimientos más eficaces, y separar los elementos improductivos o extraños de los productivos.
MEDIR	La cantidad de trabajo de cada elemento, expresándola en tiempo, mediante la técnica más apropiada de medición del trabajo.
COMPILAR	El tiempo estándar de la operación previendo, en caso de estudio de tiempos con cronómetro, suplementos para breves descansos, necesidades personales, etc.
DEFINIR	Con precisión la serie de actividades y el método de operación a los que corresponde el tiempo computado y notificar que ese será el tiempo estándar para las actividades y métodos especificados.

Fuente: Recuperado de (Godoy, 2013)

Estas etapas deberán seguirse en su totalidad cuando el objetivo de la medición sea fijar tiempos estándar.

Las principales técnicas que se emplean en la medición del trabajo son:

Figura 4. Principales Técnicas de Medición del Trabajo.



Fuente: Recuperado de (López, 2019)

- Muestreo del Trabajo
- Estimación Estructurada
- Estudio de Tiempos
- Normas de Tiempo Predeterminadas

- Datos Tipo

5.4.3 Estudio de tiempos

El Estudio de Tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

Los elementos necesarios para efectuar un óptimo estudio de tiempos:

- Selección del trabajo y etapas del estudio de tiempos
- Delimitación y cronometraje del trabajo
- Cálculo del número de observaciones
- Valoración del ritmo de trabajo
- Suplementos del estudio de tiempos
- Cálculo del Tiempo Estándar
- Aplicación del Tiempo Estándar

5.4.4 Sg-sst

El Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) abarca una disciplina que trata de prevenir las lesiones y las enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, además de la protección y promoción de la salud de los empleados.

Tiene el objetivo de mejorar las condiciones laborales y el ambiente en el trabajo, además de la salud en el trabajo, que conlleva la promoción del mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los empleados.

Consiste en realizar un desarrollo de un proceso lógico y por etapas, se basa en la mejora continua, con el fin de anticipar, reconocer, evaluar y controlar todos los riesgos que puedan afectar a la seguridad y la salud en el trabajo. El SG-SST debe ser liderado e implantado por el jefe, con la participación de todos los empleados, garantizando la aplicación de las medidas de seguridad y salud en el

trabajo, el mejoramiento del comportamiento de los empleados, las condiciones y el medio ambiente laboral, y el control eficaz de los peligros y riesgos en el lugar de trabajo. Siendo un sistema de gestión, sus principios deben estar enfocados al ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar).

- **Planificar:** se debe planificar de forma que se mejore la seguridad y la salud de los empleados, se deberán localizar las cosas que se realizan mal o se pueden mejorar y determinando ideas para solucionar estos problemas.
- **Hacer:** se deberán implementar las medidas planificadas.
- **Verificar:** se deberá realizar una revisión de los procedimientos y acciones implantadas para conseguir los resultados deseados.
- **Actuar:** se deberán realizar las acciones de mejora para obtener los mayores beneficios en la seguridad y la salud de los empleados.

El jefe se encuentra obligado a proteger la seguridad y la salud de sus empleados, acorde con lo establecido en la normatividad vigente.

Dentro del SG-SST el jefe tendrá, entre otras, las siguientes obligaciones:

- Definir, firmar y divulgar la política de seguridad y salud en el trabajo.
- Rendir cuentas a las personas que conforman la organización.
- Cumplir con los requisitos normativos.
- Realizar el plan de trabajo anual en seguridad y salud en el trabajo.
- Fomentar la participación de los empleados.
- Asignar los responsables y comunicarlo a todos los miembros de la organización.
- Definir y asignar los recursos necesarios para establecer, mantener y mejorar el SG-SST.
- Gestionar los riesgos y los peligros que se puedan dar en la organización.
- Prevenir los riesgos laborales.
- Darle rumbo al SG-SST en la organización.

- Integrar los aspectos de seguridad y salud en el trabajo, al conjunto de sistemas de gestión, procesos, procedimientos y decisiones de la organización.

Obligaciones de la administración en cuanto a riesgos laborales.

De forma independiente a las obligaciones estipuladas en el Sistema General de Riesgos Laborales, las administraciones de riesgos laborales deben:

- Capacitar al vigilante de seguridad y salud en el trabajo en los aspectos relativos al SG-SST.
- Prestar asesoría y asistencia técnica a las organizaciones afiliadas, para implementar el SG-SST.
- Realizar la vigilancia delegada del cumplimiento del SG-SST e informar a las direcciones territoriales los casos en los que la evidencia no ofrezca cumplimiento por parte de sus organizaciones filias.

Responsabilidades de los trabajadores

Los empleados deberán tener las siguientes responsabilidades en cuanto a la seguridad y salud en el trabajo:

- Procurar el cuidado integral de nuestra salud.
- Suministrar información clara, veraz y completa sobre nuestro estado de salud.
- Cumplir con las normas, reglamentos e instrucciones del Sistema de Gestión en el Trabajo.
- Informar de manera oportuna al jefe sobre los peligros y los riesgos que pueden encontrar en su puesto de trabajo.
- Participar en las actividades de capacitación en seguridad y salud definido dentro del plan de capacitación del SG-SST.
- Participar y contribuir al cumplimiento de los objetivos del SG-SST.

5.4.5 (VPN) Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) es una herramienta que sirve como indicador para medir y determinar la viabilidad de una inversión o un proyecto en términos de rentabilidad y ganancia, el cual proporciona a partir de su análisis un marco de referencia para la toma de decisiones. Por ejemplo, si se quiere invertir en un nuevo activo o proyecto, gracias a este indicador se puede analizar si es viable o no o si realmente conviene llevar a cabo dicha inversión.

El VPN o NPV por sus siglas en inglés, se obtiene restando el monto inicialmente invertido con el valor presente de los flujos que se proyectan recibir en el futuro. Su análisis es trascendental porque permite hacer comparaciones claras entre la inversión a realizar y los flujos de dinero que producirá en el futuro. En últimas, utilizando el análisis de este indicador se logrará conocer cuál es el rendimiento mínimo que se debe ganar sobre un proyecto o la compra de un activo para no alterar la sostenibilidad de la empresa y sus finanzas, o bien para disminuir el riesgo de no perder la inversión.

El VPN es un indicador que permite medir la viabilidad de una inversión o un proyecto desde el punto de vista rentable, lo que convierte a este indicador en una herramienta de decisión: «se acepta o se rechaza». Teniendo en cuenta lo anterior, los criterios de decisión de acuerdo con el resultado obtenido son los siguientes:

- **VPN mayor que cero o positivo:** Se acepta el proyecto o la inversión, debido a que está generando valor, es decir supera la rentabilidad mínima esperada teniendo en cuenta el criterio del indicador del VPN.
- **VPN menor que cero o negativo:** No se acepta el proyecto o la inversión debido a que no está generando valor, es decir no supera la rentabilidad mínima esperada teniendo en cuenta el criterio del indicador del VPN.

Para concluir podemos decir que el VPN es uno de los indicadores más importantes y utilizados para analizar inversiones y proyectos de tal manera que permite determinar su viabilidad.

Ecuación 1 Valor Presente Neto.

$$VPN = \frac{FE_t}{(1+i)^t}$$

Fuente: Recuperado de (Ratio, 2014)

Dónde:

VPN: Valor presente Neto del proyecto.

FE: flujo de efectivo en el periodo t

i: Tasa de interés a costo de la oportunidad

t: Periodo

5.4.6 Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR o Tasa Interna de Retorno, es la tasa de interés o rentabilidad que genera un proyecto. Y se encarga de medir la rentabilidad de una inversión. Esto quiere decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá esta, para los montos que no hayan sido retirados del proyecto. Y funciona como una herramienta complementaria del valor Presente Neto.

Es importante aclarar que en muchos casos las decisiones que se toman basándose en el Valor Presente Neto no son congruentes con las que se toman basándose en la Tasa Interna de Retorno, ya que los flujos de dinero son irregulares, y resulta necesario garantizar mediante diferentes mecanismos que el Valor Presente Neto es correcto, para así corroborarlo a través de la Tasa Interna de Retorno.

La Tasa Interna de Retorno o TIR nos permite saber si es viable invertir en un determinado negocio, considerando otras opciones de inversión de menor riesgo.

La TIR transforma la rentabilidad de la empresa en un porcentaje o tasa de rentabilidad, el cual es comparable a las tasas de rentabilidad de una inversión de bajo riesgo, y de esta forma permite saber cuál de las alternativas es más rentable. Si la rentabilidad del proyecto es menor, no es conveniente invertir.

El cálculo de la TIR sería igualar la tasa de descuento al momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, lo que haría que el VAN sea igual a 0.

Con la aplicación de la siguiente fórmula:

Ecuación 2 Tasa Interna de Retorno

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Fuente: Recuperado de (Ratio, 2014)

Ft : Flujos de dinero en cada periodo t.
IO : Inversión que se realiza en el momento inicial (t = 0).
n :Número de periodos de tiempo.

Siendo “k” la tasa de descuento de flujos para el cálculo del VAN, los criterios de selección serán los siguientes:

- Si la TIR > k, se acepta el proyecto de inversión. Porque la tasa de rendimiento interno que obtendremos será superior a la tasa mínima de rentabilidad que exige la inversión.
- Si la TIR = k, se presentaría una situación similar a la que se produce cuando el VAN es igual a cero. Aquí se podría llevar a cabo la inversión en caso de que se mejore la posición competitiva de la empresa y que no existan alternativas más favorables.
- Si la TIR < k, se debe rechazar el proyecto, ya que no se está alcanzando la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión

6 DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 TIPO DE ESTUDIO

6.1.1 Estudio descriptivo

Este proyecto de viabilidad es un estudio descriptivo, en donde se documentó la información del proceso de doblado de puentes de tubería de cobre en la empresa TECAM S.A, también se documenta el proceso de fabricación de los equipos de aire acondicionado, capacitación del personal, utilización de equipos, entre otras; que permitieron conocer la situación actual de la empresa.

6.1.2 Estudio exploración

En este proyecto se evidencia un estudio exploratorio, debido a que no se encontraba información sobre los puentes de tubería de cobre, los cuales son de gran importancia en el proceso de fabricación de serpentines evaporadores para TECAM S.A. Se tiene como objeto demostrar la viabilidad del traslado del proceso de doblado de puentes de tubería de cobre a la máquina dobladora CNC, está permitiría aumentar la calidad del producto y mejorar las condiciones de trabajo para el operario encargado

6.2 METODO DE INVESTIGACIÓN

6.2.1 Método comparativo

Se le llama método o investigación cuantitativos a la que se vale de los números para examinar datos o información. Es uno de los métodos utilizados por la ciencia, la matemática, la informática y la estadística, como principal herramienta (CHACON, 2010). La metodología cuantitativa utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente. Confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente el uso de estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. Este método fue de gran apoyo para realizar el estudio de viabilidad técnica y financiera en una dobladora de tubos 3D CNC como reemplazo de una dobladora manual fija en los procesos de fabricación de puentes de cobre en TECAM. S.A., aplicado a:

- Determinar el tiempo de producción de puentes de cobre en la máquina dobladora manual fija y dobladora de tubos 3D CNC.
- Determinar la cantidad de puentes de cobre producidos con las dos máquinas dobladoras. En un determinado tiempo.

6.3 FUENTES, TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La recolección de la información del presente proyecto se realizó mediante fuentes primarias como salidas de campo en las cuales se realizaron: visitas a la empresa, entrevistas a ingenieros, personal técnico y documentación de los procesos, esta fue una actividad constante permitiendo la recolección de datos reales. Por esta razón los resultados obtenidos reflejan la condición real de la operación de los equipos. Además, se utilizaron fuentes de información secundarias, como libros, artículos, informes, trabajos de grado y sitios web, los cuales sirvieron de guía para la documentación y elaboración del presente documento.

6.4 ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La captación de información mediante fuentes primarias, accedió minimizar la variabilidad de los datos obtenidos, proporcionando su análisis, en donde finalmente el resultado fue mucho más efectivo.

6.5 ENTREGABLES

6.5.1 Objetivo 1.

- Realizar un trabajo de campo que permita observar el proceso de doblado de puentes de cobre actual en la máquina dobladora fija.
- Diseñar un flujo grama del proceso de creación de doblado de puentes actual.
- Diseñar un diagrama de operación de producción.
- Diseñar un Diagrama distribución de planta de producción

6.5.2 Objetivo 2.

- Diseñar un diagrama de operación de producción con la máquina dobladora 3D CNC.
- Analizar las ventajas y aplicaciones del estudio de viabilidad técnica del proceso propuesto.

6.5.3 Objetivo 3.

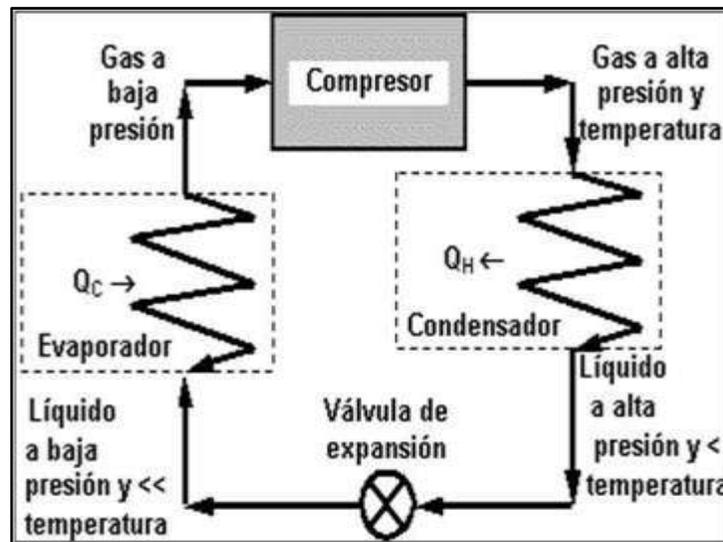
- Realizar un análisis de viabilidad técnica y financiera en el uso de la máquina dobladora 3D CNC mediante la aplicación en una muestra poblacional.

7 RESULTADOS

7.1 FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO FABRICADO POR TECAM S.A.

Los equipos que fabrica TECAM S.A., funcionan de acuerdo al diagrama mostrado en la figura 4, estos cuentan con 4 componentes principales para su funcionamiento los cuales son: compresor, condensador, elemento de expansión y evaporador a continuación se describe el funcionamiento de dichos elementos.

Figura 5 Diagrama elementos básicos de un sistema de refrigeración.



Fuente: Recuperado de (Aramburú Pardo Figueroa, 2017)

7.1.1 Compresor

Según (ARNABAT, 2016) El compresor de aire acondicionado o bomba de calor tiene la función de comprimir el gas (fluido refrigerante) que permite en un ciclo de compresión/descompresión producir una transferencia de calor de una parte a otra de un circuito frigorífico. El compresor genera una fuerza comprimiendo el gas que llega desde el evaporador en estado gaseoso. Esta presión aumenta la temperatura del gas que vuelve a su estado líquido y se calienta.

Figura 6 Compresor de equipos de climatización



Fuente: Elaboración propia

7.1.2 Condensador

Según (LEZAMA, 2017) “es el encargado de reducir la temperatura del refrigerante en estado vapor hasta volverlo líquido mediante varios procesos según su clase”, se realiza un intercambio de niveles térmicos, en el condensador el refrigerante cede más calor que el absorbido en el evaporador esto gracias a la presión del compresor. Al ceder calor por presión y temperatura el refrigerante desciende al punto de saturación donde se condensa pasando a fase líquida, de ahí el nombre.

Figura 7 Condensadores equipos de climatización

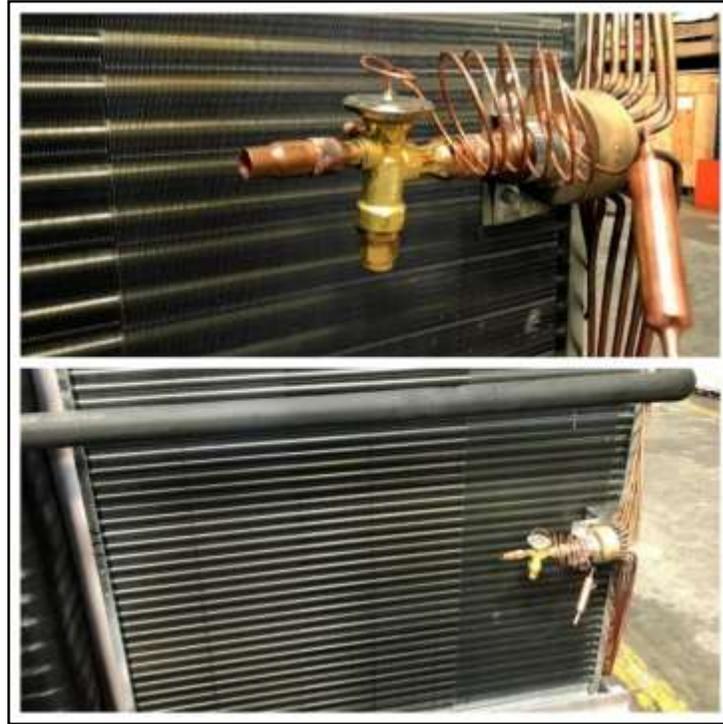


Fuente: Elaboración propia.

7.1.3 Dispositivos de expansión

Para (DAZA, 2018) “Dispositivo de expansión es un elemento que disminuye la presión de un fluido pasando de un estado de alta presión y temperatura a uno de menor presión y temperatura”. Al producirse la expansión del líquido en un ambiente de menor presión, se evapora parcialmente reduciéndose la temperatura al absorber calor latente de él mismo. A su salida se pretende tener un aerosol, pequeñas gotas de refrigerante en suspensión, que facilite la posterior evaporación.

Figura 8 Válvulas de expansión de equipos de climatización



Fuente: Elaboración propia.

7.1.4 Evaporadores

Según (RODRIGUEZ, 2016) “Los evaporadores son intercambiadores de calor entre fluidos refrigerantes, en los cuales se produce la transmisión de energía térmica dentro del dispositivo”. Mientras uno de ellos se enfría disminuyendo así su temperatura, el otro se calienta y pasa a estado de vapor.

Figura 9 Evaporadores de equipos de climatización

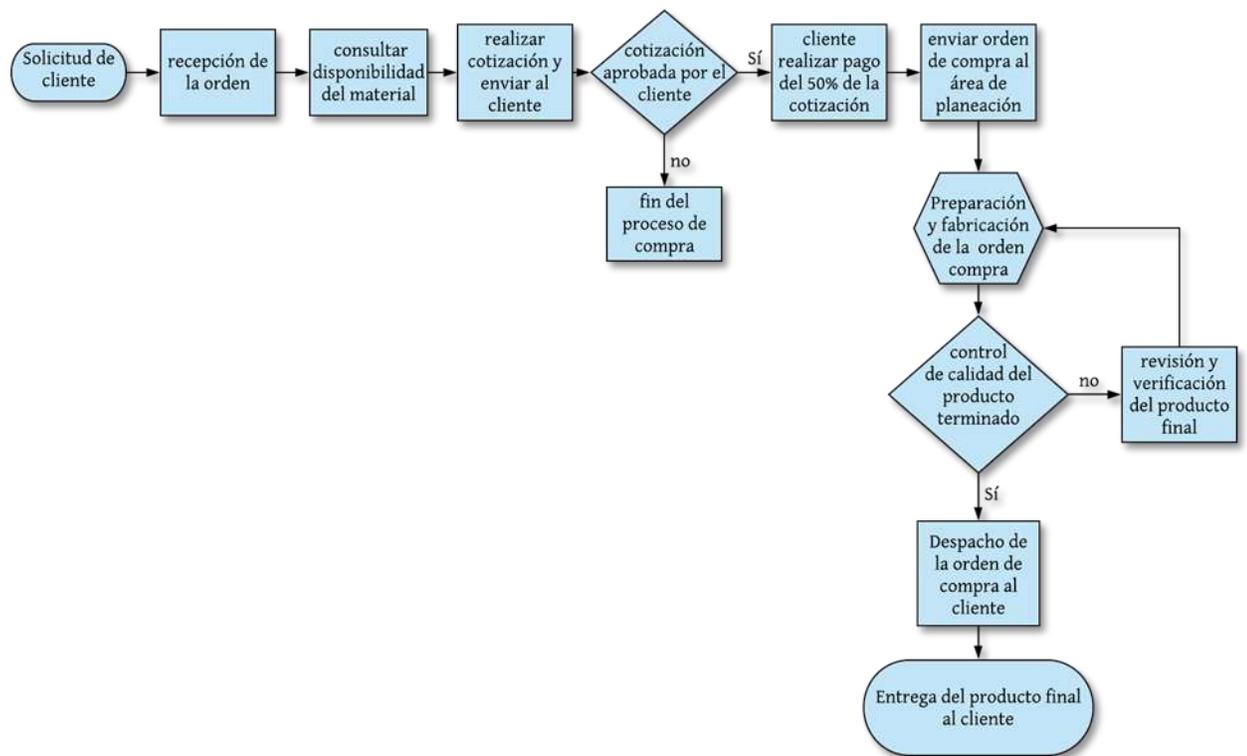


Fuente: Elaboración propia.

7.2 PROCESO OPERATIVO DE TECAM S.A. GENERALIZADO

Para determinar el proceso de fabricación de un equipo de aire acondicionado se realizó una visita de campo en donde se observó que el proceso de trabajo empieza desde el departamento de ventas donde son ellos los encargados de tomar los pedidos y ofrecer el producto que mejor se ajuste a las necesidades del cliente, dicho departamento se comunica con el de planeación donde realiza una verificación de materiales en inventario y materiales pendientes. Al verificar esto se procede a establecer una posible fecha de entrega al cliente, el cual debe consignar un adelanto del 50% del valor del equipo para poder confirmar la compra. Una vez realizado esto, el área de planeación genera la orden de trabajo hacia las áreas de ingeniería, almacén y planta de producción donde se incluyen los planos de fabricación, todo este proceso se muestra en la figura 10.

Figura 10 Diagrama de operación de producción



Fuente: Elaboración propia.

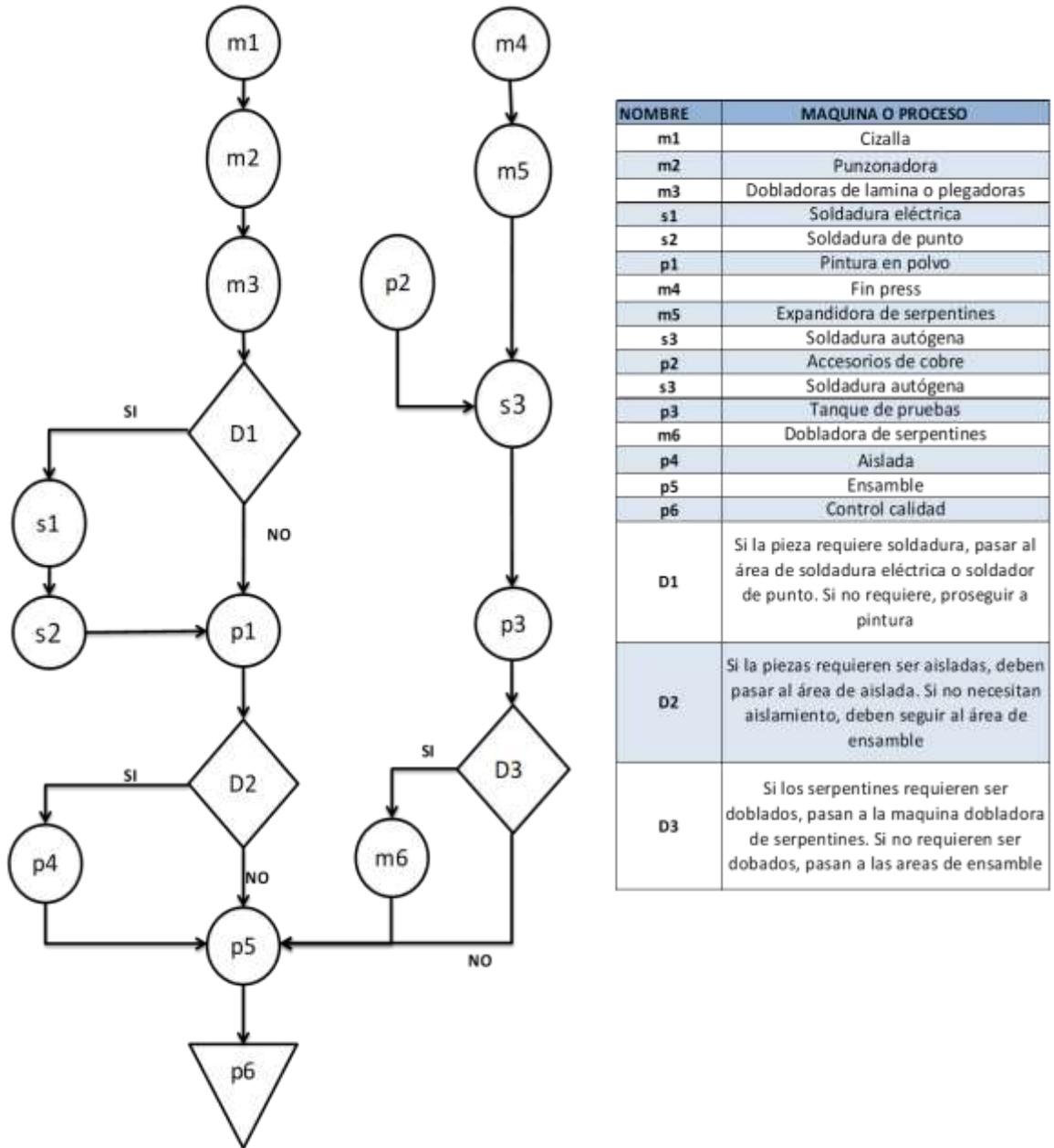
El área de ingeniería diseña las hojas de corte (hojas de ruta) dependiendo del equipo y las necesidades de los clientes y las entrega a producción.

7.3 PROCESO DE FABRICACIÓN EQUIPOS AIRE ACONDICIONADO.

Después de realizar el proceso administrativo para fabricar un equipo de aire acondicionado la empresa realiza el siguiente proceso que se muestra en la figura

11

Figura 11 Diagrama de proceso de fabricación de equipos en TECAM S.A.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura anterior la fabricación inicia con el proceso de corte de láminas usando las cizallas, las cuales son máquinas que cuentan con cuchillas especiales para cortar las láminas que se utilizan en los equipos que fabrica TECAM.S.A., se pueden observar en la (Figura 12).

Figura 12 Maquina Cizalla



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se usa una máquina punzonadora para elaborar agujeros o cortes precisos en las láminas de los equipos que fabrica TECAM.S.A., de acuerdo a las órdenes de trabajo y planos que entrega el área de ingeniería. Esta se observa en la (Figura 13).

Figura 13 Maquinas Punzonadoras



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente estación es en las máquinas dobladoras de láminas, estas se encargan de realizar los dobleces que requieren las láminas de los equipos que fabrica TECAM.S.A. Estos dobleces son definidos en los planos para las láminas que vienen en proceso, las cuales se muestran en la (Figura 14).

Figura 14 Máquina Dobladoras de lámina



Fuente Elaboración propia.

El siguiente proceso es aplicar la pintura en polvo (Figura 15) donde luego de ser pintadas, si la pieza requiere aislamiento, se traslada al área de aislada, si las piezas no requieren aislamiento son distribuidas a las diferentes áreas de ensamble, dependiendo del tipo de equipo que se va a ensamblar.

Figura 15 Área pintura en polvo



Fuente: Elaboración propia.

El área de almacén (figura 16) entrega los materiales pertinentes a cada área dependiendo de qué materiales lleve cada equipo a fabricar.

Figura 16 Parte externa del almacén suministros



Fuente: Elaboración propia.

En el área de serpentines se entregan rollos de aluminio los cuales se trabajan en las máquinas Fin Press (Figura 17), la cual que se encarga de cortarlas y perforarlas, en proceso simultáneo otra máquina se encarga de enderezar la tubería de cobre que llevan estos serpentines.

Figura 17 Maquina FIN PRESS



Fuente: Elaboración propia.

Se prosigue al proceso de ensamble del serpentín donde se expanden los lados sobrantes de la tubería dentro de los serpentines para fijar los componentes entre sí, este proceso es conocido como soldadura mecánica. El proceso siguiente es soldadura autógena (Figura 18).

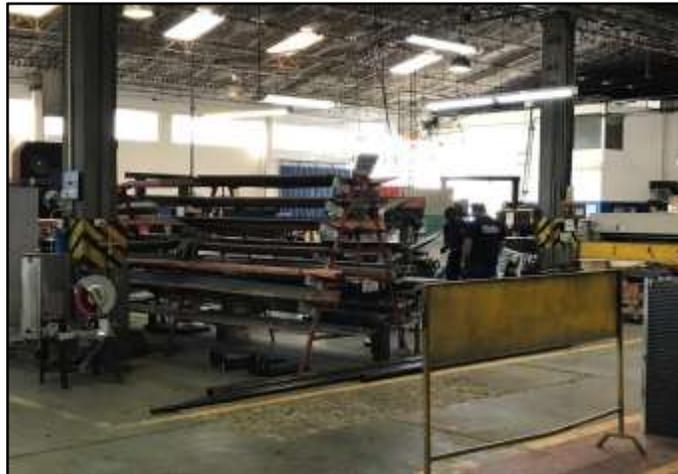
Figura 18 Área de soldadura autógena



Fuente: Elaboración propia.

El área de accesorios de cobre (Figura 19) se encarga de cortar los tubos de cobre dependiendo del diámetro y la longitud requerida, proceden a realizar el doblado de puentes figura 20 de forma manual en la máquina dobladora fija, estos puentes se usan como conexión de los conductos de refrigerante en los serpentines evaporadores enfriados por agua. (Figura 21).

Figura 19 Área de accesorios de cobre



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20 Máquina dobladora fija



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21 Puentes de tuberías de cobre



Fuente: Elaboración propia.

Una vez el área de accesorio de cobre termina de hacer los puentes y otros componentes de los serpentines como lo son los headers o flautas; se encuentran el serpentín y lo componentes en el área de soldadura autógena donde ensamblan y soldán todos estos componentes y finalmente se le realiza prueba de hermeticidad a los serpentines sumergiéndose en el tanque de pruebas. Si los serpentines requieren algún tipo de doblez, son transportados a la máquina dobladora de serpentines y se les realizan las curvas a los grados requeridos (figura 22). Luego cada serpentín es entregado a las áreas de ensamble dependiendo el área específica.

Figura 22 Tanque de pruebas de serpentines



Fuente: Elaboración propia.

El proceso de ensamble puede tardar entre 1 a 20 días dependiendo del tipo de equipo y la disponibilidad de materiales. Una vez terminado el ensamble se realizan pruebas de funcionamiento a los equipos ya sea una prueba parcial para los equipos que se les debe realizar un trabajo en campo o una prueba total para los equipos que van cargados con gas refrigerante. Estas pruebas las realizan los operarios de electricidad, un operario de control calidad y el operario de ensamble a cargo del equipo fabricado. Si en la prueba todo sale bien, se realiza una toma de datos y se diligencia una lista de verificación, luego proceden alistar el equipo para entregarlos al área de bodega y despachos donde lo almacenan hasta que el cliente complete el pago del restante y enviar el equipo a la ciudad que se requiera o el país en caso de las exportaciones.

Este es uno de los equipos que se fabrican en la empresa TECAM S.A. (Figura 23).

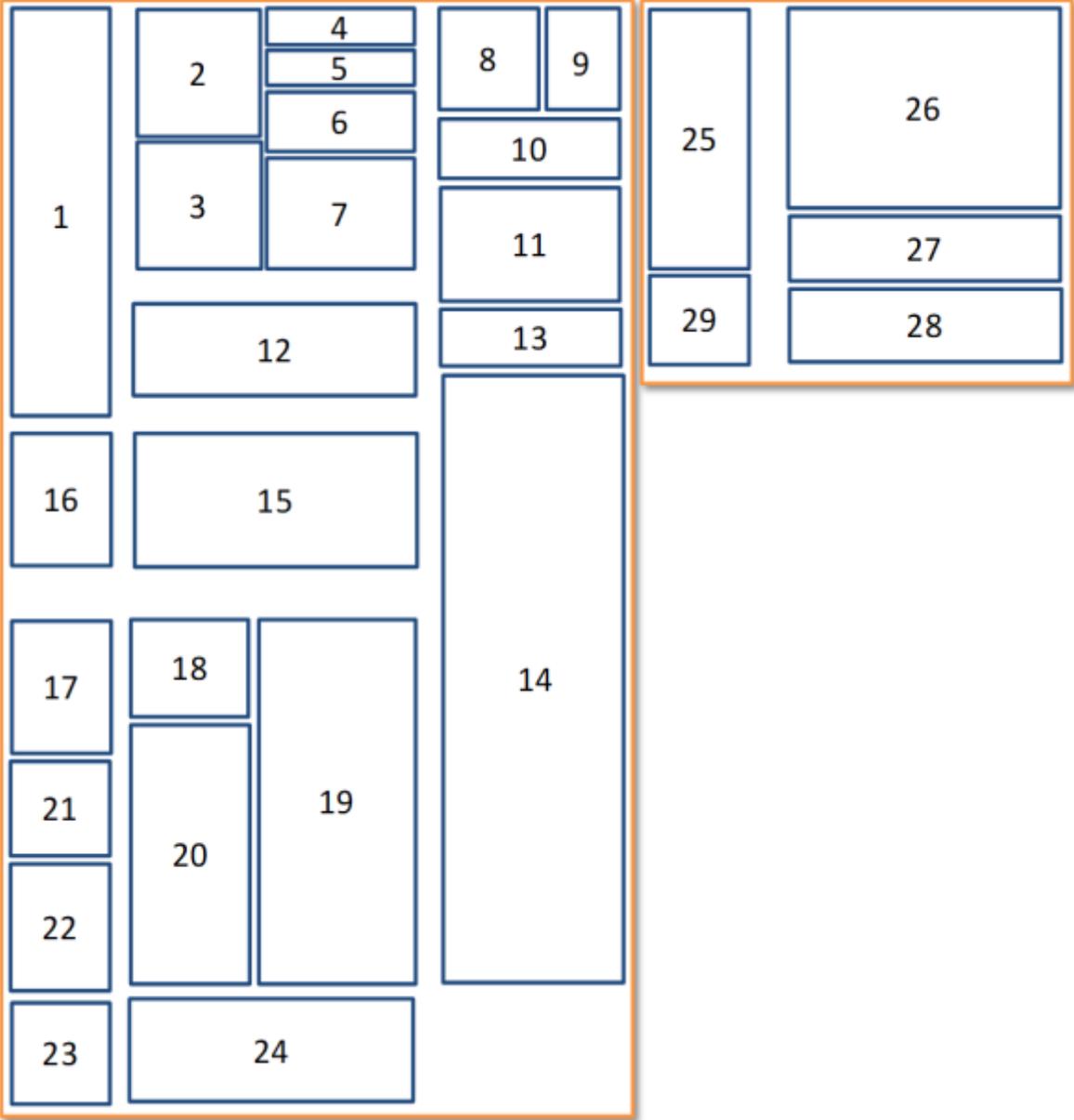
Figura 23 Chiller 40TR en lamina inoxidable



Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el proceso de fabricación TECAM cuenta con una distribución de la planta de producción, se observó durante la visita de campo y se analizó que la empresa tiene un proceso consecutivo evitan al máximo los movimientos innecesarios, tomando como centro el área de pintura donde tiene un fácil desplazamiento de piezas y componentes después de pintados a las zonas de ensamble, el proceso inicia por maquinaria, prosiguen a pintura, posterior a esto ensamble y como último punto está control calidad y despacho, se observa un diagrama de distribución y ubicación en la planta de producción en la figura 24.

Figura 24 Diagrama de distribución de planta de producción



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2 Distribución de planta de producción.

N°	AREA	N°	AREA
1	Área de soldadura eléctrica.	24	Área Ensamble Manejadoras Comerciales.
2	Punzadora N° 1.	25	Zona De Aislamiento De Piezas.
3	Punzadora N° 2.	26	Zona Ensamble Manejadoras Trabajo Pesado.
4	Cizalla N° 1.	27	zona ensamble ventiladoras.
5	Cizalla N° 2.	28	Perfilaría.
6	Dobladora Tubería CNC.	29	Carpintería
7	Accesorios De Cobre.		
8	Máquinas Fin Pres1.5		
9	Dobladora Omada		
10	Ensamble Serpentes		
11	Área Soldadura Autógena		
12	Máquinas Dobladoras De Lamina.		
13	Tanque De Pruebas.		
14	Almacén.		
15	Área De Pintura.		
16	Soldadura De Punto.		
17	Oficina Producción.		
18	Máquina dobladora de serpentines.		
19	Zona Ensamble Y Refrigeración.		
20	Zona Ensamble Paquetes Condensados Por Agua.		
21	Área Ensamble Electricidad.		
22	Oficinas Planeación.		
23	Oficina Control Calidad.		

Fuente: Elaboración propia.

7.4 EQUIPOS FABRICADOS CON PUENTES EN SUS SERPENTINES EN TECAM S.A.

Los serpentines evaporadores en los cuales se enfoca este proyecto de grado son utilizados en manejadoras comerciales (figura 25), cuentan con una capacidad frigorífica desde 7 TR (tonelada de refrigeración) hasta 30 TR, en aplicaciones de expansión directa con Refrigerante Ecológico R-410A o agua helada y las manejadoras de trabajo pesado (figura 26), estas manejadoras son para uso Industrial y van desde los 3 TR hasta 90 TR en aplicaciones de expansión directa con Refrigerante Ecológico R-410A o agua helada

Figura 25 Manejadora comercial TECAM S.A.



Fuente : Documentos de la empresa (TECAM S.A.) 2020

Figura 26 Manejadora trabajo pesado TECAM S.A.



Fuente: Recolectado de (TECAM S.A.)

Todas estas unidades manejadoras cuentan con serpentines evaporadores los cuales hacen la función de intercambiador de calor, extrayendo el calor que hay en el recinto que se desea acondicionar climáticamente y este calor se le transmite al refrigerante o al agua helada que transita por los conductos de los serpentines. Estos serpentines utilizan como conexión a sus conductos los puentes de tubería de cobre de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro los cuales se elaboran en la máquina dobladora fija.

7.5 PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUENTES DE TUBERÍA DE COBRE:

TECAM S.A., usa el sistema syteline para manejo de información de costos, tiempos y procesos entre otras cosas. Es ahí donde se verifica si hay solicitud de equipos que requieran el uso de puentes de tubería de cobre; en caso de ser así, el personal de control de producción crea una orden de fabricación y un listado de equipos en proceso el cual se entrega a cada puesto de trabajo, dependiendo a que zona de ensamble o fabricación pertenezca cada equipo.

Al entregar este listado al área de accesorios de cobre, ellos deben de verificar que en su inventario de puesto haya tubería de cobre de $\frac{1}{2}$ pulgada, en caso de

que su inventario se encuentre sin unidades de tubería, se procede a realizar una salida de materiales en almacén. Este es un documento que se maneja en el almacén con el cual los operarios pueden extraer materiales de almacén para realizar labores o procesos, estos materiales se reportan al inventario de cada puesto o del equipo en fabricación si es el caso.

El área de almacén separa las unidades de tubería requerida y a continuación entrega la tubería a la zona donde esta se requiera.

Si el área de accesorios de cobre cuenta con inventario de tubería en su PL, se omite el proceso anterior de la elaboración de la salida.

Una vez la tubería este en el puesto de accesorio de cobre se procede a cortar la tubería en tramos de 4 pulgadas de longitud, este proceso se realiza hasta completar las unidades requeridas. Al completarlo se emboquilla cada uno de los tubos de 4 pulgadas que se cortaron, este proceso se realiza para aumentar un poco los lados de los tubos y puedan ingresar de forma más suave a la máquina dobladora manual.

El proceso de cortado y emboquillado se puede realizar de 2 formas: una es la forma manual la cual según syteline toma un tiempo de 9 horas, o por medio de una máquina cortadora de tubería mecánica la cual se toma 4 horas en realizar estos procesos, se resalta que este proceso de ambas maneras debe estar dirigido y realizado por un operario.

En el momento que los tubos se encuentren cortados y emboquillados se procede a acondicionar la máquina dobladora manual fija para el tipo de tubería que deseen doblar y se instalan las mordazas y troqueles del diámetro de tubería a doblar, este proceso puede tomar alrededor de 20 minutos.

La fabricación de los puentes se lleva a cabo en la máquina dobladora fija, la cual es manipulada por un operario capacitado y certificado, él cuenta con 3 años de experiencia.

Luego de alistar la máquina se procede a doblar la tubería en la máquina dobladora manual fija, esta máquina trabaja con la fuerza que genera el operario

al empujar el eje de rotación y generar que el tubo tome la forma de la matriz de dobles, este proceso tarda 16 horas según syteline.

Es normal que en el proceso de dobles se encuentren averías, por consiguiente, se cortan la cantidad de tubos averiados y se repite el proceso para completar la cantidad requerida en la orden.

En promedio se están doblando alrededor de 500 puentes a la semana (dato tomado de sitelyne).

Una vez se complete la cantidad requerida, el operario de accesorios de cobre procede a entregarle los puentes al encargado del área de control de producción el cual realiza una entrada a almacén, este es un documento que maneja almacén para que del sector de producción ingresen materiales o insumos que no se necesiten al área de almacén.

Almacén realiza la entrada de los puentes a su sistema, los almacena en la bodega y quedan listos para ser entregados al momento que se soliciten para la fabricación de serpentines evaporadores enfriados por agua helada.

Con esta información se realizó el diagrama de métodos y tiempos que se muestra en la figura 27 que fue validado por el ingeniero de producción.

Figura 27 Diagrama de métodos y tiempos

TECAM TECNOLOGIA AMBIENTAL									
	Manual de procedimientos			Código	1				
	Diagrama de metodos y tiempos			Versión	1				
				Fecha	13-sep-19				
	Fecha de realización			12/09/2019			Página	1	
Diagrama	N 101	Página 1 de 1		Resumen					
Proceso		Actividad	Actual		Propuesto		Economía		
Fabricación de puentes de tubería de cobre			Cantidad	Tiempo (h)	Cantidad	Tiempo (h)	Cantidad	Tiempo (h)	
Actividad		Operación	6	20,747					
Doblado de puentes tubería de cobre		Transporte	1	0,083					
Tipo de diagrama	Material	Espera	0						
	Operario	Inspección	1	0,33					
Método	Actual	Almacenamiento	1	0,167					
	Propuesto	Distancia total	n/a						
Área/sección	Accesorios de cobre	Tiempo total		21,327					
Elaborado por	Andrés Montoya	Aprobado por							
Descripción		●	➔	◐	■	▼	Distancia	Tiempo (h)	Observaciones
Buscar tubería en el almacenamiento							n/a	0,167	
Transportar tubería al puesto							n/a	0,083	
Introducir tubería a la maquina de cortado							n/a	0,25	
Cortar tubería de cobre para los puentes							n/a	2,5	
emboquillado de tubería cortada							n/a	1,5	
Cambio de troqueles y mordazas para iniciar el doblado de tubería							n/a	0,33	
Doblado de puentes tubería de cobre							n/a	16	
Inspeccionar tubería doblada							n/a	0,33	
Entrega de puentes a control producción							n/a	0,167	
Total		6	1	0	1	1	n/a	21,327	

Fuente:: Elaboración propia.

Fuente: Los autores

Como se observa en la figura anterior para fabricar los puentes de tubería de cobre se requieren 6 operaciones, un proceso de transporte, un proceso de verificación y un proceso de almacenamiento.

7.6 COSTO FABRICACION PUENTES DE TUBERIA DE COBRE

El operario encargado de este proceso devenga un salario \$1,200.000 lo que a la empresa le significa un costo de \$2,400.000 mensuales, y los horarios de trabajo que estipula la empresa es de 6:00 AM a 2:00 PM en jornada habitual y si la ocasión lo amerita se extiende haciendo horas extras de 2:30PM a 5:00PM.

Los puentes de tubería de cobre están elaborados en tubería de ½ pulgada de diámetro, con un espesor de 0,025 y la longitud de cada tubo es de 4 pulgadas (0,102 metros).

Para el inicio de labores en la máquina dobladora fija se debe adecuar los troqueles a las dimensiones de la tubería que deseen doblar, esta labor puede tardar alrededor de 20 minutos. Sumado a esto, se calcula 30 minutos de tiempo muerto en su jornada, por consiguiente, se conoce el costo de la mano de obra sobre de la fabricación de los 500 puentes sin que el operario trabaje horas extras (tabla 3).

Tabla 3 Costo mano de hora empleado sin horas extras en 500 puentes.

Elaboracion puentes de tuberia de 1/2 pulgada sin horas extras del operario	
Sueldo mensual del operario maquina	\$ 2.400.000,00
Valor dia de trabajo	\$ 80.000,00
Valor hora operario	\$ 10.000,00
Duracion de doblado de 500 puentes en horas	21,327
Costo total	\$ 213.270,00

Fuente: La tabla nos muestra el costo total de un empleado en TECAM S.A en la elaboración de puentes de cobre con medida de 1/2 pulgada sin horas extras. Elaboración propia

Es común que, en las empresas de producción, los operarios deban trabajar horas extras para cumplir con las solicitudes de trabajos en una fecha más corta, esto genera valores extra en la fabricación de los puentes (tabla 4).

Tabla 4 Costo mano de hora empleado con horas extras en 500 puentes.

Elaboración puentes de tubería de 1/2 pulgada con horas extras	
Sueldo mensual del	\$ 2.400.000,00
Valor hora operario	\$ 10.000,00
doblado de 500 puentes en horas	21,327
Numero de horas extras por proceso	5
Costo hora extras	\$ 62.500,00
Costo total	\$ 225.770,00

Fuente: La tabla nos muestra el costo total de un empleado en TECAM S.A en la elaboración de puentes de cobre con medida de 1/2 pulgada con horas extras. Elaboración propia

La máquina dobladora fija es una herramienta que trabaja con la fuerza que propicia el operario y al ser manual, la fuerza nunca es constante y esto puede generar averías o pérdida de calidad en los puentes (figura 28).

Figura 28 Puente con abolladura en la curva.



Fuente: Elaboración propia.

Según el operario de la máquina dobladora fija en promedio por cada orden de 500 puentes se averían entre 5 a 10 tramos de tubería. Lo cual genera un costo a la empresa y genera desechos de cobre el cual es un metal pesado. El costo de averías o desechos por cada orden de 500 puentes se observa en la (tabla 5), donde se evalúa el costo, tomando el mínimo y el máximo número de unidades averiadas.

Tabla 5 Costo de averías por cada 500 puentes.

	Averias minima	averias maximas
Numero de averias por cada 500	5	10
Pulgadas por unidad	4	4
Metros por unidad	0,102	0,102
Costo metro de tuberia de cobre 1/2" x0,025	\$ 5.175,00	\$ 5.175,00
Total averia	\$ 2.639,25	\$ 5.278,50

Fuente: en la número 5 se evidencia el costo total de la avería por cada 500 puentes de cobre y por pulgadas por unidad tabla. Elaboración propia.

7.7 DIFERENCIA ENTRE COSTOS

En el análisis anterior que se obtuvo de la visita de campo, se observó que se tienen 4 posibilidades de costos en la fabricación de los puentes de tubería de cobre, donde se observan factores que afectan como lo son: las horas extras o el número de averías en el producto cuando se elabora.

En la siguiente tabla se evidencia las comparaciones de estos escenarios.

Tabla 6 Comparación de costos.

HORAS EXTRAS	NUMERO DE AVERIAS	
	Minimas	Maximas
Si	\$ 228,409.25	\$ 231,048.50
No	\$ 215,909.25	\$ 218,548.50
DIFERENCIA	\$ 12,500.00	\$ 12,500.00

Fuente: En la tabla número 6 se comparan la diferencia monetaria entre el número de averías y horas extras. Elaboración propia.

7.7.1 Análisis diferencia entre costos

La empresa TECAM S.A realiza el proceso de doblado de puentes en la máquina dobladora manual fija, y lo realiza hasta el momento cumpliendo con fechas y cronogramas. Al usar esta máquina se depende de la pericia y las habilidades del operario para que las averías no se eleven de cantidad considerable, ya que la máquina dobladora manual, no garantiza que la calidad del doblado sea la mejor. Por otro lado, en un futuro el uso continuo de esta máquina y su situación de labor no ergonómica ni pensada para operarios

7.8 PROCESO PROPUESTO

7.8.1 Máquina dobladora CNC

En la visita de campo a la empresa TECAM S.A, se observó la máquina dobladora CNC (control numérico computarizado) (figura 29), esta máquina se utiliza en el proceso de doblado de tubería flexible de cobre, donde se puede trabajar con tuberías de los siguientes diámetros 1/2, 5/8, 3/4 y 7/8 de pulgada.

Figura 29 Maquina Dobladora 3D

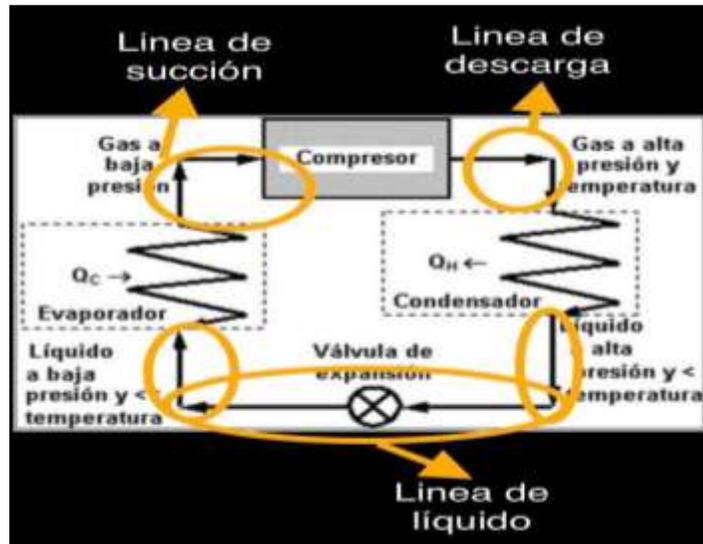


Fuente: Elaboración propia.

Esta máquina se usa para doblar tuberías de cobre, que se utilizan como conductos de comunicación del fluido refrigerante, para transitar en los elementos principales del sistema de refrigeración.

Las tuberías que se utilizan como conducto de tránsito del fluido refrigerante se conocen en la industria como: línea de descarga, línea de líquido y línea de succión y se muestran en la figura 30.

Figura 30 Diagrama de elementos básicos de un sistema de refrigeración demarcando las líneas de la tubería.



Fuente: Elaboración propia.

La línea de descarga inicia en la tubería que va desde el compresor hasta el condensador, en esta tubería el compresor descarga el fluido refrigerante a vapor a alta presión.

La línea de líquido inicia en la salida del condensador y termina en la entrada al evaporador, en esta línea el fluido refrigerante se transporta a alta presión y en estado líquido, hasta llegar al elemento de expansión el cual genera una caída de presión y el fluido cambia sus características a líquido a baja presión, así se transporta hasta llegar al evaporador.

Línea de succión, esta línea inicia en la salida del evaporador y termina en la tubería de succión del compresor, donde el fluido refrigerante ingresa en vapor a baja presión

Figura 31 Tuberías del compresor de aire acondicionado de 12TR



Fuente: Elaboración propia.

Las tuberías que se doblan en la máquina CNC, son utilizadas en producción en equipos como: chiller's, paquetes enfriados por agua, paquetes enfriados por aire, condensadoras, unidades de precisión, entre otros.

La máquina dobladora CNC fue adquirida por TECAM S.A., en el año 2014. Dicha máquina es de origen chino y fue fabricada por OMS Machinery co. Esta empresa es productora de maquinaria CNC e intercambiadores de calor para aire acondicionado. Esta máquina es de tipo neumático y requiere de un suministro eléctrico de 220v a 3ph.

Al momento de realizar la visita de campo En TECAMS.A., se observó que hay 2 operarios encargados de manipular esta máquina, ellos recibieron capacitación al momento de la compra e instalación de la máquina por expertos provenientes de china de la empresa OMS.

La dobladora CNC se encuentra en el área de accesorios de cobre en la planta de producción y a su lado está la máquina dobladora manual fija, que es donde se doblan los puentes de cobre en los cuales está enfocado este proyecto de grado,

por lo tanto, no es necesario trasladar la máquina a otra área para implementar el proceso de doblado de puentes en ella.

7.8.2 Comparación entre la máquina dobladora manual fija y la dobladora CNC

Se realizó una prueba para evaluar las diferencias entre los tiempos de doblado de un tubo de 45 pulgadas de longitud con un diámetro de 3/4 de pulgada entre la máquina dobladora manual fija y la dobladora CNC, el análisis arrojó el siguiente resultado.

Tabla 7 diferencia de tiempos máquinas dobladoras.

Maquinas	Tiempo de doblado de un tubo de 3/4 de diametro por 45 pulgadas de longitud en minutos
Dobladora manual fija	5:12
Dobladora CNC	2:27
Diferencia	2:45

Fuente: En la tabla número 7 se realiza la comparación de tiempos de doblado de las dos máquinas dobladoras, Elaboración propia.

Este tiempo fue calculado con un tubo que requería 4 dobleces y teniendo en cuenta que existía un diagrama a mano alzada y el programa se encontraba guardado en los archivos de la máquina dobladora CNC.

Es de tener en cuenta que la máquina dobladora fija esta adecuada con troqueles especiales para realizar curvas con un radio menor al radio de dobles de la máquina dobladora CNC.

Tabla 8 diferencia de medida del radio de las curvas en las máquinas dobladoras.

Maquinas	Radio de la curva en pulgadas
Dobladora manual fija	1 1/4
Dobladora CNC	2 1/2
Diferencia en pulgadas	1 1/4

Fuente: Comparación del radio de curva en pulgadas de los dos tipos de dobladoras, Elaboración propia.

De las dos tablas anteriores se observa que se tiene una máquina más rápida que la otra, pero con radios de curvas al doble que la dobladora manual fija.

Los radios al ser pequeños, generan un aporte positivo ya que en el proceso de doblado de puentes se requiere un radio de curva pequeño, por ende, si se requiere doblar puentes en la dobladora CNC se debe adecuar para operarla con matrices de radio pequeño.

La dobladora manual fija, trabaja con la fuerza que ejerce el operario y al no ser una fuerza constante y continua, esto puede generar abolladuras o averías en los tubos que se desean doblar como se muestra en la figura 28.

La dobladora CNC trabaja con presión de aire y suministro eléctrico, y tiene servomotores que generan las curvas o los movimientos de la máquina, esto genera una calidad extra en el doblado de tubería, ya que sobre el material se ejerce una fuerza constante y continua, por ende, la probabilidad que el tubo sufra abolladuras o averías es menor.

Un punto a tener en cuenta es el papel que desempeña el operario en ambas máquinas ya que, en la máquina manual fija, puede generar molestias o problemas de salud la ejecución de fuerzas y actividades repetitivas en periodos largos de tiempo. Por el contrario, en la máquina CNC se evidencia que el operario no debe realizar esfuerzos para poder realizar el proceso de doblado de la tubería.

7.8.3 Análisis técnico del adecuamiento máquina dobladora CNC

Los puentes de tubería de cobre que se fabrican en TECAM son elaborados en la máquina dobladora manual fija, que se encuentra en la zona de accesorios de cobre, en esa misma zona se encuentra la máquina dobladora CNC, en la visita de campo con el apoyo de los operarios se visualiza la opción de trasladar el proceso del doblado de los puentes de cobre a la máquina dobladora CNC.

Para que esto sea posible se verificó:

- i. Disponibilidad de tiempo de la máquina CNC.
- ii. Viabilidad técnica de adaptar la máquina para doblar puentes.
- iii. Costo de la curva de aprendizaje.

- iv. La inversión adecuación.
- v. Inversión inicial de proyecto.

Disponibilidad de la dobladora CNC

Según (sitelyne) el uso de la máquina dobladora CNC en promedio es de 3 horas a la semana, lo que indica que en horarios normales de trabajo la disponibilidad de esta máquina es de 45 horas a la semana y si se solicita extender el horario teniendo en cuenta los históricos de la empresa la máquina puede llegar a estar disponible de 57,5 horas a la semana.

Viabilidad técnica de adaptar la máquina para doblar puentes

En la visita de campo se evidencia que la máquina dobladora CNC aún tiene espacio para instalar un dado matriz con un radio más pequeño al dado matriz que se utiliza para la tubería de media con un radio de 1 1/2 pulgadas, el dado matriz que se utiliza en la máquina dobladora manual fija para tubería de 1/2 pulgada con la cual están fabricados los puentes tiene un radio de 3/4 de pulgada.

Figura 32 Dado Matriz dobladora manual fija.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 33 Distancia dado matriz a collet centro a centro.



Fuente: Elaboración propia.

En las figuras anteriores se evidencia que la máquina aún tiene espacio para la instalación de un dado matriz del radio que se requiere para hacer los puentes y la pista del collet para moverlo a un radio de dobles más pequeño y que se alinee con el dado matriz aún conserva espacio suficiente.

Figura 34 Distancia punta del collet.



Fuente: Elaboración propia.

En las figuras anteriores se evidencia que la máquina cuenta con los espacios para instalar troqueles o componentes para trabajar con radios de curvas más pequeños a los que tienen en disposición en estos momentos por lo tanto se determinó que técnicamente se puede adaptar la máquina para la fabricación de los puentes.

Costo de la curva de aprendizaje

Uno de los operarios que están encargados de la máquina dobladora CNC debe capacitar al operario encargado de la máquina dobladora manual fija para calcular este costo en este trabajo se tomó como referencia la experiencia de capacitación dada por el fabricante al momento de comprar la dobladora, la capacitación duro 6 días con una intensidad de 6 horas en promedio diarias. Esto es un total de 36 horas de capacitación en las cuales el operario de la máquina CNC no estaría ejecutando sus funciones en el área de producción al igual que el operario de la máquina manual fija que será capacitado tampoco estaría ejecutando sus funciones en el área de producción.

Tabla 9 Costo capacitación del operario.

	Operario maquina CNC	Operario maquina manual fija
Costo operario mensual	\$ 3.000.000	\$ 2.400.000
Valor hora operario	\$ 12.500	\$ 10.000
Costo capacitacion por 36 horas	\$ 450.000	\$ 360.000
Total capacitacion por los dos operarios	\$ 810.000	

Fuente: En la tabla número 9 se relacionan el valor de cada uno de los ítems para la elaboración de la capacitación de la maquina dobladora 3D, Elaboración propia.

La máquina dobladora CNC es una máquina que en su operación integra el uso de varios troqueles los cuales se deben configurar y graduar a unas distancias y torques adecuados para el óptimo funcionamiento, por esto se considera que la puesta a punto de a máquina puede generar unas averías en el proceso de aprendizaje y de adecuamiento.

Se propone una base de averías para adecuar y configurar la máquina para su buen funcionamiento para el proceso de doblado de puentes de tubería de 1/2 pulgada un total de 150 puentes con una longitud de 4 pulgadas lo cual genera el siguiente costo:

Tabla 10 Costo de averías en pruebas de la máquina CNC.

	Averias minima
Numero de averias para poner a punto la maquina	150
Pulgadas por unidad	4
Metros por unidad	0,102
Costo metro de tuberia de cobre 1/2" x0,025	\$ 5.175,00
Total averia	\$ 79.177,50

Fuente: En la tabla número 10 se relaciona el costo total de las averías, Elaboración propia.

7.8.3.4 Costo total curva aprendizaje.

Tabla 11 Costo total de la curva de aprendizaje.

Factores	Costos
Costo de la curva de aprendizaje	\$ 889.177,50

Fuente: Costo total de la curva de aprendizaje es la sumatoria de la tabla número 9 y la tabla número 10, Elaboración propia.

Inversiones para adaptar la dobladora CNC.

Tomando como muestra los troqueles existentes de la máquina dobladora CNC y un troquel de la máquina manual fija, y con ayuda de los operarios se evidencia que se deben fabricar el dado matriz de dobles el cual contiene el radio de la tubería a doblar y es la guía para ejecutar ese proceso, también se debe fabricar una punta para el collet ya que esta es la que da la guía de la tubería y genera un apoyo del material en el dado matriz para no fracturarlo.

Los Troqueles de ambas máquinas se llevan a fabricar al taller industrial PAYAN Y CIA, ellos son especialistas en mecanizado y la fabricación de troqueles, luego de analizar las piezas y de tomar los requerimientos de fabricación para las necesidades que se tiene para la adecuación de la máquina dobladora, los encargados del área de ventas generaron una cotización del costo de fabricación de estas piezas y se muestra en la figura 35 por un valor de \$ 1.400.000 pesos.

Figura 35 Cotización de la fabricación de los troqueles.



Santiago de Cali, octubre 2 de 2019

Señor
Victor Campo
L.C.

REFERENCIA: Cotización partes

Construcción de juego de dado dobladora de tubo 30 en material de acero böhler K100 con tratamiento térmico temple dureza 62 hrc.

Se requieren muestras para levantamiento de plano y construcción.

Precio unitario.....\$1'400.000= (un millón cuatrocientos mil pesos m/cte.)

Condiciones comerciales:

IVA	19%
Tiempo Entrega:	15 Días
Validez de la Oferta:	60 Días
Forma de pago:	50% anticipo 50 % contra entrega

Ing. Leonel Tamayo Muñoz
Asesor Comercial
PAYAN & CIA LTDA
e-mail leonel.tamayo@payan.com.co
Móvil (57) 310 826 0392
PBX (57) 2 486 62 62
Fax (57) 2 485 15 30
Cali - COLOMBIA

Fuente: (PAYAN Y CIA. LTDA.) 02/10/2019

Inversión inicial.

En los puntos anteriores se mencionaron los costos individuales del adecuamiento de la máquina dobladora CNC para que ella pueda doblar puentes de tubería de cobre con el radio adecuado, se mencionara el costo total del adecuamiento de la máquina.

Tabla 12 Costos totales de la inversión inicial.

Factores	Costos
Costo de la curva de aprendizaje	\$ 889.177,50
Costo troqueles	\$ 1.400.000,00
Total	\$ 2.289.177,50

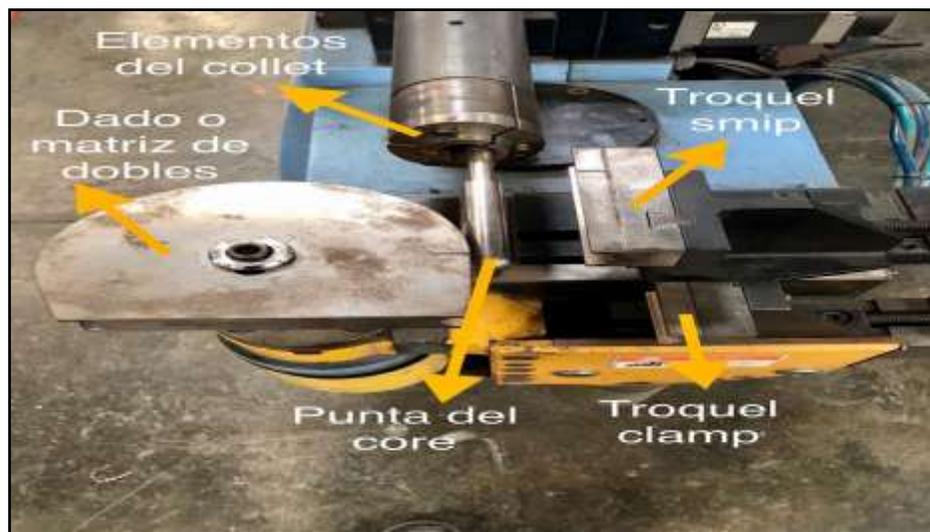
Fuente: En la tabla número 12 se calcula el costo total de la inversión para la adaptación de la maquina dobladora 3D, Elaboración propia.

7.8.4 Proceso de doblado de puentes en máquina dobladora CNC

Uso de la máquina dobladora CNC

Mediante observación directa se estableció el paso a paso para operar la dobladora CNC. En la figura 36 se observa los accesorios requeridos para operar la máquina

Figura 36 Troqueles de la maquina dobladora 3D.



Fuente: Elaboración propia.

El primer paso es encender la máquina, y verificar la tubería que se desea doblar en esta máquina, (generalmente la máquina mantiene con los troqueles o matrices para tubería de 7/8 de pulgada ya que es la que más se dobla allí debido a su resistencia al doblado de forma manual) si la máquina se encuentra en una medida de tubería diferente a la que necesitamos doblar, se procede al cambio de troqueles los cuales están conformados por: 3 elementos en el collet, 1 troquel en el clamp, 1 troquel en el smip, la matriz o dado de dobles y la punta del core.

Una vez retirados estos elementos, se instalan los troqueles o elementos correspondientes a la medida que se busca doblar. Luego de haber instalado estos elementos se ajusta la máquina en los troqueles del clamp y del smip a la medida de la tubería que buscamos y se adecua el collet.

La máquina, cuenta con una memoria interna para la creación y almacenamiento de programas de tuberías creados por los operarios y que se utilizan en los equipos que se producen en la empresa.

Una vez se adecue mecánicamente la máquina, se debe verificar que el programa o el diseño de tubería que buscan doblar este creado en la memoria de la máquina, los encargados de la creación y el diseño de estas tuberías son los

operarios, los cuales también se encargan de crear el programa para doblar la tubería de los equipos. En la figura 34 se observa un listado de equipos con sus características y los programas que han sido creados para doblar las tuberías.

Figura 37 Listado de programas creados en la dobladora 3D.



Fuente: Elaboración propia.

En caso de que el programa no este creado, el operario genera un boceto a mano alzada, teniendo en cuenta las recomendaciones de fabricantes, la estética y una buena distribución de espacio en el equipo. Seguido a esto toma las medidas para darle la mejor forma y las distancias adecuadas a la tubería.

En ocasiones según la complejidad de la tubería a diseñar, los operarios realizan la tubería requerida con los dobleces y los giros adecuados con fragmentos de alambre a una escala más pequeña, para tener una guía al momento de crear el programa y agregar los giros.

Para iniciar la creación del programa los operarios deben encender la máquina, y en el panel principal ingresar a la opción PrgmEdit

Figura 38 Panel principal dobladora 3D



Fuente: Elaboración propia.

Seguido a esto se busca una casilla en blanco y se oprime la opción new, para iniciar con la creación del programa

Figura 39 Opciones en el panel de PRGMEDIT en la dobladora 3D



Fuente: Elaboración propia.

Una vez ingresemos se inicia con la digitación de los datos que tenemos de medidas y longitudes totales del tubo a doblar.

Figura 40 Panel de creación de programas en la dobladora 3D.



Fuente: Elaboración propia.

La máquina dobladora opera en tres ejes de movimiento los cuales son fundamentales para la creación de estos programas.

Figura 41 Ejes de movimiento de la dobladora 3D.



Fuente: Elaboración propia.

El eje F el cual maneja las medidas de longitud y espacios entre curva y curva, este eje toma medidas en milímetros de pulgada.

El eje R el cual genera las rotaciones en los tubos para darle orientación hacia qué dirección se busca llevar el tubo, este eje trabaja con medidas de radios negativos para giros en contra de las manecillas del reloj y medidas positivas para giro a favor de las manecillas del reloj.

El eje B el cual es el encargado de dar las curvas y es donde se encuentra ubicado el clamp y el dado matriz de dobles, este eje trabaja con medidas en grados de 0 a 180 grados.

Al crear y guardar el programa se procede a introducir el tubo y a doblarlos.

Figura 42 Tubería de 7/8 para doblar en la dobladora 3D.



Fuente: Elaboración propia.

Seguido a esto localizan el programa creado en la opción de doblado automático y se procede a ejecutarlo para obtener como resultado final, la tubería que se necesitan de la forma que se requiere para los equipos que se fabrican en la empresa TECAM.

7.8.5 Proceso de doblado de puentes en máquina dobladora CNC

El proceso de doblado de puentes se mencionó en este proyecto de grado en el punto 7.5, en referencia al proceso mencionado anteriormente se evidencian los siguientes cambios en el proceso:

- En el momento que los tubos se encuentren cortados y emboquillados se procede a acondicionar la máquina dobladora CNC para el tipo de tubería que deseen doblar y se instalan las mordazas y troqueles del diámetro de tubería a doblar, este proceso puede tomar alrededor de 30 minutos.
- La fabricación de los puentes se lleva a cabo en la máquina dobladora CNC, la cual es manipulada por un operario que ha recibido las capacitaciones pertinentes para realizar este proceso.
- Luego de alistar la máquina se procede a doblar la tubería en la máquina dobladora manual CNC, esta máquina trabaja con aire y suministro eléctrico, lo cual genera que la fuerza sea constante sobre el eje de rotación, según sitelyne el tiempo de doblado de 500 puentes es de 8 hora.

Con esta información se realizó el diagrama de métodos y tiempos que se muestra en la figura 43 y que fue validado por el ingeniero de producción.

Figura 43 Diagrama Métodos y tiempos.

TECAM TECNOLOGIA AMBIENTAL									
	Manual de procedimientos					Código	1		
	Diagrama de metodos y tiempos					Versión	2		
						Fecha	04-oct-19		
						Página	1		
Fecha de realización		12/09/2019							
Diagrama	N 102	Página 1 de 1		Resumen					
Proceso		Actual		Propuesto		Economía			
Fabricación de puentes tubería de cobre		Actividad	Cantidad	Tiempo (h)	Cantidad	Tiempo (h)	Cantidad	Tiempo (h)	
Actividad		Operación	6	20,747	6	12,917			
Doblado de puentes tubería de cobre		Transporte	1	0,083	1	0,083			
Tipo de diagrama	Material	Espera	0		0				
	Operario	Inspección	1	0,33	1	0,33			
Método	Actual	Almacenamiento	1	0,167	1	0,167			
	Propuesto	Distancia total	n/a		n/a				
Área/sección	Accesorios de cobre	Tiempo total		21,327		13,497			
Elaborado por	Andrés Montoya	Aprobado por							
Descripción							Distancia	Tiempo (h)	Observaciones
Buscar tubería en el almacenamiento							n/a	0,167	
Transportar tubería al puesto							n/a	0,083	
Introducir tubería a la maquina de cortado							n/a	0,25	
Cortar tubería de cobre para los puentes							n/a	2,5	
emboquillado de tubería cortada							n/a	1,5	
Cambio de troqueles y mordazas para iniciar el doblado de tubería							n/a	0,5	
Doblado de puentes tubería de cobre							n/a	8	
Inspeccionar tubería doblada							n/a	0,33	
Entrega de puentes a control producción							n/a	0,167	
Total		6	1	0	1	1	n/a	13,497	

Fuente: Elaboración propia.

7.8.6 Costo fabricación de los puentes de tubería de cobre (proceso propuesto)

Para el inicio de labores en la máquina dobladora fija se debe adecuar los troqueles a las dimensiones de la tubería que deseen doblar, esta labor puede tardar alrededor de 30 minutos. Sumado a esto, se calcula 30 minutos de tiempo muerto en su jornada, por consiguiente, se conoce el costo de la mano de obra sobre de la fabricación de los 500 puentes sin que el operario trabaje horas extras (tabla 13).

Tabla 13 Costo mano de hora empleado sin horas extras en 500 puentes.

Elaboracion puentes de tuberia de 1/2 pulgada sin horas extras del operario	
Sueldo mensual del operario	\$ 2.400.000,00
Valor dia de trabajo	\$ 80.000,00
Valor hora operario	\$ 10.000,00
Duracion de doblado de 500 puentes en horas	13,497
Costo total	\$ 134.970,00

Fuente: En la tabla número 13 se evidencia el costo total de la elaboración de puentes de tubería de ½ en el método propuesto, Elaboración propia.

En ocasiones como es común en las empresas de producción, los operarios deben trabajar horas extras para cumplir con las solicitudes de trabajos en una fecha más corta, esto genera valores extra en la fabricación de los puentes (tabla 14).

Tabla 14 Costo mano de hora empleado con horas extras en 500 puentes.

Elaboración puentes de tubería de 1/2 pulgada con horas extras del operario	
Sueldo mensual del operario	\$ 2.400.000,00
Valor día de trabajo del operario	\$ 80.000,00
Duración de doblado de 500 puentes en horas	13,497
Numero de horas extras por proceso	2,5
Costo horas extras operario	\$ 31.250,00
Costo total	\$ 141.220,00

Fuente: En la tabla número 14 se halla el costo total de la mano de obra por empleado con horas extras en la elaboración de 500 puentes de cobre, Elaboración propia.

La máquina dobladora CNC es una herramienta que trabaja con fuerza neumática y suministro eléctrico, lo cual genera una fuerza constante a la hora de realizar el proceso de doblado de la tubería, esto le agrega calidad al producto, aunque en ocasiones pueden presentar averías en las unidades que se doblaron.

Según el operario de la máquina dobladora CNC en promedio por cada orden de 500 puentes se averían entre 2 a 5 puentes lo cual genera un costo a la empresa y genera desechos de cobre el cual es un metal pesado. El costo de averías o desechos por cada orden de 500 puentes se observa en la (tabla 15) donde se evalúa el costo, tomando el mínimo y el máximo número de unidades averiadas.

Tabla 15 Costo de averías por cada 500 puentes.

	Averias minima	Averias maximas
Numero de averias por cada 500 puentes	2	5
Pulgadas por unidad	4	4
Metros por unidad	0,102	0,102
Costo metro de tuberia de cobre 1/2" x0,025	\$ 5.175,00	\$ 5.175,00
Total averia	\$ 1.055,70	\$ 2.639,25

Fuente: En la tabla número 15 se identifica el costo de las averías por cada creación de 500 puentes de cobre, Elaboración propia.

7.8.7 Diferencia entre costos.

En el análisis anterior que se obtuvo de la visita de campo, se observó que se tienen 4 posibilidades de costos en la fabricación de los puentes de tubería de cobre, donde se observan factores que afectan como lo son: las horas extras o el número de averías en el producto cuando se elabora.

En la siguiente tabla se evidencia las comparaciones de estos escenarios.

Tabla 16 diferencia de costos de producción.

HORAS EXTRAS	NUMERO DE AVERIAS	
	Minimas	Maximas
SI	\$ 142.275,70	\$ 143.859,25
NO	\$ 136.025,70	\$ 137.609,25
DIFERENCIA	\$ 6.250,00	\$ 6.250,00

Fuente: Se realiza la comparación del número de averías respecto a las horas extras, Elaboración propia.

7.8.8 Análisis de diferencia entre costos.

La máquina dobladora CNC, es una ventaja competitiva que tiene la empresa TECAM S.A., con respecto a las otras empresas colombianas en el área de fabricación de equipos de aire acondicionado, por consiguiente, se evidencia que su funcionalidad no se está aprovechando al 100%, ya que su potencial podría explotarse en formas diferentes y hacer que la máquina sea más eficiente en otros procesos que requiere la compañía para la producción de equipos de aire acondicionado comercial e industrial.

7.9 COMPARACIÓN MÉTODO ACTUAL VS MÉTODO PROPUESTO

TECAM S.A., cuenta con la disposición para trabajar en ambas máquinas dobladoras, basándose en el estudio que se ha realizado en este proyecto de grado, se evidencia que la máquina dobladora CNC puede ser la mejor alternativa para el proceso de doblado de puentes de tubería de cobre que realiza la empresa para el uso en sus evaporadores de agua fría.

7.9.1 Salud ocupacional.

Según el profesional de salud ocupacional Jasón Morales, las labores repetitivas y que generen un esfuerzo en el operario puede ser generadora de enfermedades laborales, las cuales pueden generar costos o incapacidades para los operarios y también para la empresa. Estas enfermedades se pueden generar en las extremidades superiores por el esfuerzo y las labores repetitivas y también se pueden generar en las extremidades inferiores debido al periodo extenso que debe permanecer el operario de pie realizando un mismo proceso. Algunas de las enfermedades que se pueden generar son:

- Epicondilitis lateral o codo de tenista: según (Adam JE, 2017), es una inflamación o dolor en el lado externo (lateral de la parte superior del brazo cerca del codo. Se puede generar por el uso de estos músculos una y otra vez, lo cual desarrollan pequeños desgarres en el tendón. Con el tiempo, esto lleva a que se presente irritación y dolor donde el tendón se fija al hueso. Es común que se genere por actividades que involucren torsión repetitiva de la muñeca tales como

las que de acuerdo con la figura ____ los operarios de la máquina dobladora manual deben ejecutar.

- Lumbago crónico: según (Adb OHE, 2019), se refiere a un dolor que se siente en la región lumbar, lo cual genera disminución del movimiento de la región lumbar y dificultad para pararse derecho. Cuando este dolor es prolongado se denomina lumbago crónico. Algunas de las causas que generan esta molestia pueden ser la sobre carga de trabajo o ejercicio, alzar cosas de forma incorrecta, repetir actividades durante mucho tiempo.
- Túnel carpiano: según (Medilineplus, 2019) es un paso estrecho de ligamentos y huesos en la base de la mano que contiene nervios y tendones, en ocasiones, el engrosamiento de los tendones irritados y otras partes hinchadas, estrechan el túnel y causan compresión de los nervios. Una causa de esta enfermedad pueden ser el trabajo en las líneas de ensamble donde se debe realizar fuerzas continuas y repetitivas, lesiones en las muñecas. Las mujeres son tres veces más propensas a tener síndrome del túnel carpiano que los hombres.

Se mencionaron algunas de las posibles enfermedades que podrían ser causadas por el proceso repetitivo de doblado de puentes en la máquina manual fija. Con el análisis realizado por el profesional de salud ocupacional, se evidencia que al trasladar el proceso a la máquina dobladora CNC, las probabilidades de que estas enfermedades se presenten en el operario encargado de la máquina, se disminuyen a más de la mitad, debido a la reducción de tiempo en el proceso y la eliminación de la fuerza para doblar los puentes que la realizaba el operario.

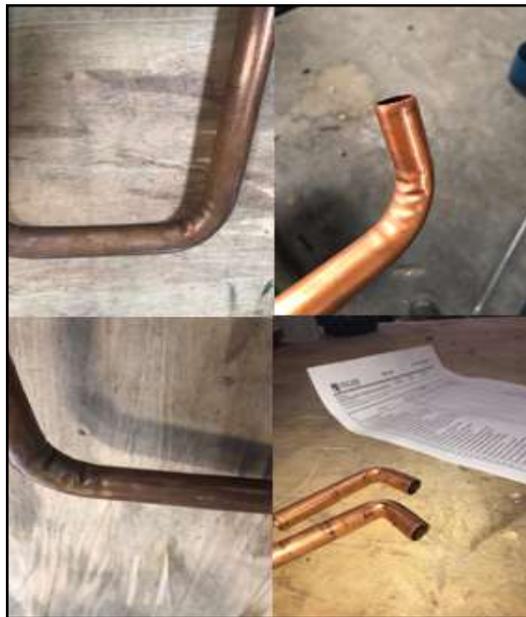
Por lo mencionado anteriormente la mejor opción para realizar el proceso de doblado de puentes de tubería de cobre es la máquina dobladora CNC, ya que la mejor opción para evitar una posible enfermedad es eliminar el riesgo.

7.9.2 Calidad del producto.

El proceso de doblado de puentes que se realiza en la máquina dobladora manual fija es manejado por un operario, el cual es el encargado de introducir el tubo a la máquina y por consiguiente aplicar su fuerza para poder generar cada uno de los

dobleces en los puentes. Este proceso de doblado se lleva a cabo gracias a la fuerza que genera el operario sobre la máquina, esta a su vez da la forma de la matriz de doblado al tubo. La fuerza que genera el operario no es una fuerza constante en todos los puntos y la velocidad en que se realiza estos dobleces nunca es igual; estos factores (fuerza y velocidad) pueden generar averías o abolladuras en los puentes como se muestra en las siguientes imágenes.

Figura 44 Tubería con averías por la maquina manual fija.



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en las anteriores imágenes, estos tramos de tubería ya no se pueden usar debido a que no cuentan con los estándares de calidad de los productos que la empresa brinda a sus clientes, por ende, estos tramos de tubería son desechados, al remplazar este tramo de tubería averiado por uno nuevo, se genera un costo el cual es pérdida para la empresa y un impacto ambiental.

En la máquina dobladora CNC al ser una máquina hidráulica que trabaja con corriente eléctrica, la fuerza de doblado y la velocidad con la que se realizan estos dobleces siempre son constantes, lo cual disminuye considerablemente la

posibilidad de que los tubos que sean doblados en ella se puedan dañar. Por ende, la calidad de los puentes y la presentación también mejoran, lo cual es un factor referenciado para TECAM S.A.

En el área de calidad en el producto, la mejor opción para realizar el proceso es la máquina dobladora CNC la cual genera menos averías y realiza las curvas con un estándar de calidad mayor en comparación con la máquina manual fija.

7.9.3 Estrategia

TECAM es una empresa líder en la fabricación de equipos de climatización a nivel nacional y se proyecta llegar a serlo a nivel mundial, por ende es importante para la empresa aquellos procesos que se puedan realizar donde se utilice la automatización y se agregue un plus de calidad a los productos, por ende el traslado del proceso de doblado de los puentes a la dobladora CNC estaría regido por la misión y la visión de la compañía las cuales mencionan la implementación de tecnologías de puntas y productos que tengan un valor agregado.

7.9.4 Costos.

En el punto 7.7 se menciona el costo que tiene el actual proceso de doblado de puentes en la máquina manual fija, el costo total de este proceso con una duración de 21,327 horas es el siguiente, este se mencionó en la tabla 8.

Luego de las visitas de campo y los análisis previos se evidencia que existe una diferencia considerable en la disminución de tiempos al realizar el mismo proceso en la máquina dobladora CNC, donde el proceso tiene una duración de 13,497. Los costos de fabricar las órdenes semanales de 500 puentes en la máquina dobladora CNC se menciona en la siguiente tabla.

La disminución del tiempo de duración de este proceso genera un ahorro en costos de producción para la empresa el cual se evalúa teniendo en cuenta los factores que directamente intervienen en este proceso los cuales son las horas extras y el número de averías.

En este proyecto se decide generar como opción de producción, un inventario de tubería cortada y lista para ser doblada, con el fin de evitar las horas extras para el proceso de doblado de puentes, usando la máquina dobladora CNC se requieren

8 horas en el proceso de doblado lo cual anularía la necesidad de laborar horas extras. Al observar que la diferencia es pequeña entre costos por averías mínimas y máximas, se decide ser conservativos y tomar como referencia las averías máximas para hacer el estudio de comparación.

La diferencia en costo en el proceso de doblado de puentes de tubería de cobre entre la máquina manual fija y la máquina dobladora CNC sin horas extras y con averías máximas se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17 Ahorros semanales de usar máquina CNC en comparación con la máquina manual fija.

HORAS EXTRAS	AHORRO	
	Averias Minimias	Averias Maximas
SI	\$ 90,800.00	\$ 93,439.25
NO	\$ 78,300.00	\$ 80,939.25

Fuente: Se realiza comparación de los ahorros semanales de unas la maquina dobladora 3D respecto a la maquina dobladora fija, Elaboración propia.

La inversión inicial del adecua miento de la máquina dobladora CNC para trasladar el proceso de doblado de puentes de tubería de cobre a ella, se observa en la siguiente tabla.

Tabla 18 Costos totales de adecuamiento.

Factores	Costos
Operario capacitador	\$ 450.000,00
Capacitacion del operario	\$ 360.000,00
Costo troqueles	\$ 1.400.000,00
Costo averias	\$ 79.177,50
Total	\$ 2.289.177,50

Fuente: Se realiza la sumatoria de todos los adecuamientos que se deben realizar para llevar a cabo el proyecto, Elaboración propia.

Una vez implementado el proyecto de adecuamiento se calcula el tiempo que se tardaría en recuperar lo que se invierte para llevar a cabo este proyecto, este tiempo se calcula en años y se observa en la siguiente tabla

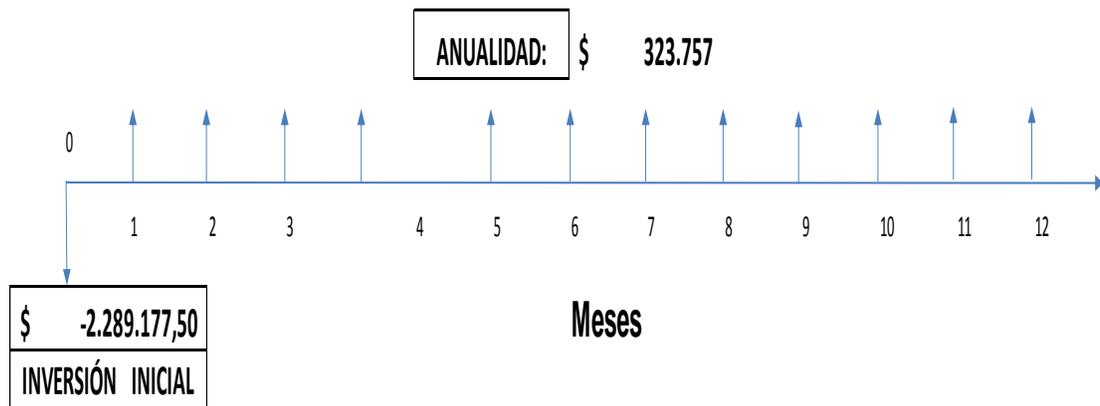
Tabla 19 Tiempo de recuperación de la inversión en años.

HORAS EXTRAS	RECUPERACION DE LA INVERSION EN AÑOS	
	Averías Mínimas	Averías Máximas
SI	0.485	0.471
NO	0.562	0.544

Fuente: en la tabla número 19 se plantea el tiempo de recuperación de la inversión inicial realizando una comparación entre horas extras y averías, Elaboración propia.

Con los datos de ahorro que se tomaron como referencia en la tabla 19, por un valor de ahorro semanal de \$80.939,25, se obtiene un ahorro mensual de \$323.757,00 a lo cual se hace referencia como anualidad y se evalúa en un análisis de tasa interna de retorno.

Figura 45 Tasa interna de retorno TIR



Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores se realizó un análisis para encontrar la tasa interna de retorno la cual es de 0,925% mensual. El cual se muestra en la siguiente tabla

Tabla 20 Evaluación del ahorro en anualidades con el TIR.

Periodos	Inversion y anualidades
0	\$ -2.289.177,50
1	\$ 323.757,00
2	\$ 323.757,00
3	\$ 323.757,00
4	\$ 323.757,00
5	\$ 323.757,00
6	\$ 323.757,00
7	\$ 323.757,00
8	\$ 323.757,00
9	\$ 323.757,00
10	\$ 323.757,00
11	\$ 323.757,00
12	\$ 323.757,00
	\$ 3.885.084,00
TIR:	9,252%

Fuente: Elaboración propia.

En la anterior tabla se observa que, en un periodo de un año, tomando un interés del 0,925% mensual, se recupera la inversión inicial para realizar el adecuamiento de la máquina CNC y sumado a esto se genera un ahorro para la empresa TECAM de \$ 1.837.606,09 al transcurrir el primer año, a partir de eso cada año se generara un ahorro de \$ 3.885.084 para TECAM por el traslado del proceso de doblado de puentes de tubería de cobre de la maquina dobladora manual fija a la maquina CNC.

Tabla 21 Valor Presente Neto.

Periodos	Valores Presente
0	\$ -2.289.177,50
1	\$ 328.127,72
2	\$ 332.557,44
3	\$ 337.046,97
4	\$ 341.597,10
5	\$ 346.208,66
6	\$ 350.882,48
7	\$ 355.619,39
8	\$ 360.420,26
9	\$ 365.285,93
10	\$ 370.217,29
11	\$ 375.215,22
12	\$ 380.280,63
VPN	\$ 4.243.459,10

Fuente: Elaboración propia.

Términos de rentabilidad y ganancia se determinan la viabilidad de la inversión de la máquina dobladora CNC para la empresa TECAM S.A. ya que en el valor VPN resultante es mayor a cero, es decir supera la rentabilidad mínima esperada.

7.9.5 Análisis de método actual vs método propuesto.

Luego de revisar los cuatro factores referentes en la comparación entre la máquina dobladora manual fija y la máquina dobladora CNC se concluye que el traslado del proceso de doblado de puentes hacia la máquina CNC es viable, debido a que evitaría posibles enfermedades de salud en un futuro para el operario de dicha máquina. También es una ventaja competitiva la mejora de la

calidad y la implementación de nuevas tecnologías que es uno de los pilares de los cuales se hace referencia en la misión y la visión, por ende, la automatización de este proceso sería un aporte a la misión y visión de la empresa. Se evidencia que la empresa tendría ahorros en los costos de producción y se reduciría el costo del proceso de doblado de puentes de cobre en un 37,03%.

8 CONCLUSIONES

Del estudio de viabilidad técnica y financiera sobre el traslado del proceso de doblado de puentes de tubería de cobre de la maquina dobladora manual fija a la maquina CNC se desprenden las siguientes conclusiones:

- El proceso de producción de un aire acondicionado en TECAM S.A. cuenta con 16 operaciones y 3 decisiones.
- La empresa cuenta con una distribución en planta que le permite producir 500 puentes a la semana, lo que le toma un tiempo de 21,327 horas. Es decir 0,042horas por unidad o 2,55 minutos la unidad.
- Se determinó que el proceso de fabricación de puentes en la maquina dobladora manual fija requiere de un operario
- Se determinó que el costo de fabricar los 500 puentes en la maquina manual fija se encuentra entre \$215.909 a \$231.048 lo cual es afectado por el número de horas extras o el número de averías. En estos precios se incluyen estos factores y el costo de mano de obra del trabajador.
- Para determinar el valor del costo de fabricación de los 500 puentes en la maquina manual fija se designaron 4 escenarios los cuales son: sin horas extras y averías mínimas, con horas extras y averías mínimas, sin horas extras y averías máximas, con horas extras y averías máximas.
- La diferencia entre los escenarios con horas extras y sin horas extras es de \$12.500 y la diferencia entre los escenarios con averías mínimas y máximas es de \$2.639
- La máquina dobladora CNC, es una herramienta que se puede utilizar para mejorar la producción y la productividad de la empresa evitando problemas en la salud de los empleados.
- El proceso de doblado de puentes de tubería de cobre en la maquina dobladora CNC toman un tiempo de 13,497 horas. Es decir 0,0269 horas por unidad o 1,61 minutos por unidad.

- Se determinó que el proceso de fabricación de puentes en la maquina dobladora CNC requiere de un operario.
- Se determinó que el costo de fabricar los 500 puentes en la maquina dobladora CNC se encuentra entre \$136.025 a \$143.859 lo cual es afectado por el número de horas extras o el número de averías. En estos precios se incluyen estos factores y el costo de mano de obra del trabajador.
- Para determinar el valor del costo de fabricación de los 500 puentes en la maquina CNC se designaron 4 escenarios los cuales son: sin horas extras y averías mínimas, con horas extras y averías mínimas, sin horas extras y averías máximas, con horas extras y averías máximas.
- La diferencia entre los escenarios con horas extras y sin horas extras es de \$6.250 y la diferencia entre los escenarios con averías mínimas y máximas es de \$1.583.
- El adecuamiento de la maquina CNC para trasladar el proceso de doblado de puentes a ella tiene un costo de \$2.289.117 el cual incluye, curva de aprendizaje y adecuamiento de la máquina.
- Se determinó la comparación del proceso de doblado de puentes de tubería de cobre en la dobladora manual fija y la dobladora CNC, en 4 aspectos.
- La máquina dobladora CNC reduce el riesgo de que los operarios sufran problemas de salud por la realización de actividades repetitivas que conlleven un esfuerzo físico.
- La máquina dobladora CNC reduce la probabilidad de averías al doblar lo tubos o puentes en ella.
- El adecuamiento de la maquina dobladora CNC tiene un costo de \$2.289.117 y en el transcurso de un año después de haber realizado la inversión se pronostica que se recupera la inversión y se genera un ahorro de \$ 1.837.606.
- La mejor opción para realizar el proceso de doblado de puentes de tubería de cobre es la maquina dobladora CNC.

9 RECOMENDACIONES

- Los procesos se deben estandarizar para tener conocimiento sobre los costos de los procesos.
- Se recomienda que la persona encargada de SST realice un acompañamiento en los procesos de producción que pueden generar enfermedades a futuro.
- trasladar el proceso de doblado de puentes a la maquina CNC para generar un ahorro en los costos de producción y evitar problemas de salud en el operario.
- Se debe realizar una revisión de que maquinarias y procesos pueden sistematizarse en pro de la competitividad de la empresa TECAM S.A.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, C. (2011). *COMPETITIVIDAD Y DESARROLLO* . Editorial Planeta, Peru - Grupo Planeta.
- Aramburú Pardo Figueroa, A. (marzo de 2017). *Repositorio Institucional PIRHUA* . Recuperado el Septiembre de 2019, de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2991>
- ARNABAT, I. (15 de 04 de 2016). *CALOR Y FRIO*. Obtenido de <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/como-funciona-el-aire-acondicionado-infografia.html>
- CHACON, J. M. (2010). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION* . MEXICO: INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- CONTLA VALENZUELA, J. E., & LOPEZ VILLEGAS , E. A. (2016). *PROPUESTA DE PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA HIDRAULICO DE UN AMAQUINA DOBLADORA DE TUBOS PLC*. MEXICO .
- DAZA, J. (28 de 06 de 2018). *LUFTECHNIK*. Obtenido de <https://www.luftechnik.com/articulos-informativos/sistemas-de-refrigeracion-por-compresion/>
- Godoy, M. G. (20 de enero de 2013). *Ingenieria Industrial y Educacion* . Recuperado el julio de 2019, de <https://profmgodoy.wordpress.com/2013/01/20/procedimiento-para-medir-el-trabajo/>
- ISA, S. (2015). *ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE SUSTITUCIÓN DE ACTUALES INYECTORAS*. CORDOBA.
- LEZAMA, T. (24 de 11 de 2017). *REFRIGERACION CORREA Y CARDENAS* . Obtenido de <https://www.refrigeracioncyc.com/condensador-parte-primordial-sistemas-refrigeracion/>
- López, B. S. (25 de Junio de 2019). *Ingenieria Industrial Online* . Recuperado el Septiembre de 2019, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/que-es-el-estudio-de-tiempos/>

- OSTER, S. M. (2000). *ANÁLISIS MODERNO DE LA COMPETITIVIDAD*. MEXICOD.F.: OXFORD UNIVERSITY PRESS MEXICO.
- PAYAN Y CIA. LTDA. (s.f.). *PAYAN Y CIA. LTDA Mecanizamos las ideas*. Recuperado el 2 de Octubre de 2019
- PORTER, M. E. (2002). *VENTAJA COMPETITIVA* . MEXICO: S.L. (GRUPO PATRIA CULTURAL) ALAY EDICIONES.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2015). *Normas internacionales de refrigeracion y aires acondicionados*. Francia.
- QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS - REQUEREMENTS. (2015). *NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC-ISO 9001*. BOGOTA: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION (INCONTEC).
- QUINTERO, A. P. (12 de 04 de 2013). *GESTION POLIS*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/eficiencia-eficacia-y-efectividad-en-la-calidad-empresarial/>
- Ratio, F. E. (2014). NET PRESENT VALUÉ AND INTERNAL RATE OF RETURN: ITS UTILITTAS TOOLS FOR ANÁLISIS AND EVALUATION OF. *Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*.
- RODRIGUEZ, C. (22 de 2 de 2016). *ZELSIO EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL* . Obtenido de <http://www.refrigeracionzelsio.es/blog/evaporadores/>
- SANABRIA, R. (2016). *ANÁLISIS DE REEMPLAZO DE EQUIPOS INDUSTRIALES EN EL ÁREA DE TALLER CENTRAL-SECCIÓN HIDRONEUMÁTICA DE LA GERENCIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN CVG VENALUM*. GUAYANA.
- TECAM S.A. . (s.f.). *TECAM Tecnologia Industrial*. Recuperado el Septiembre de 2019, de <http://tecam-sa.com/wp-content/uploads/2019/02/tecam-sa-logo.png>
- WAFIOS. (2019). *WAFIOS AG*. Obtenido de <https://www.wafios.com/en/innovations/iq-process-optimizations/?history=322&cHash=4b1acca3dc4e7b44f5d885ba51e0e24c>

Anexo 1 Carta De Aval Del Jefe De Producción

Santiago de Cali, sábado 26 de octubre del 2019

Motivo: aval

Basándose en el proyecto de grado de los estudiantes Andrés Felipe Montoya y Nicole Andrea Ortega estudiantes de la fundación universitaria católica lumen Gentium, el cual está enfocado en un estudio de viabilidad técnica y financiera para el uso de la máquina dobladora CNC en el proceso de fabricación de puentes de cobre en TECAM S.A. Se evidencia que en el contenido del documento hay intereses de mejora técnicas que ayudaran a la empresa enfocándose en la misión y visión de la empresa las cuales mencionan la implementación de nuevos procesos los cuales pueden brindar una ventaja competitiva en la empresa con respecto a la competencia



Jefe de producción



Operario maquina dobladora CNC