

REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ESTAMPADO EN LA
ESTACION AUTOMATIZADA DE MARCADO DE LA PLANTA DE MANUFACTURA
FLEXIBLE UBICADA EN EL LABORATORIO GEIPRO

Andrés David Viveros Rosendo

Julián Adolfo Ramírez Giraldo

Unidad Central del Valle Del Cauca

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Industrial

Tuluá, Valle del Cauca

2021

REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ESTAMPADO EN LA
ESTACION AUTOMATIZADA DE MARCADO DE LA PLANTA DE MANUFACTURA
FLEXIBLE UBICADA EN EL LABORATORIO GEIPRO

Andrés David Viveros Rosendo

Julián Adolfo Ramírez Giraldo

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

DIRECTOR: WILLIAM DE JESÚS BOLAÑOS VALENCIA

Unidad Central Del Valle Del Cauca

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Industrial

Tuluá, Valle del Cauca

2021

Nota de Aceptación

Jurado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por la vida y La sabiduría que me brida diariamente para afrontar las diversas dificultades, a mis padres y familiares por su incondicional apoyo, por ello les quiero dedicar el presenta trabajo de grado y agradéceles por su incidencia en mi como persona.

Andrés David Viveros Rosendo

En primer lugar, agradecer a mi madre por el apoyo incondicional y la oportunidad que me dio de elegir mi propio camino, agradezco a mis familiares por los consejos brindados, pero sobre todo a mi persona, por el esfuerzo y dedicación puesta a mi formación profesional.

Julián Adolfo Ramírez Giraldo

Agradecimiento

Agradecemos a nuestro director William de Jesús Bolaños Valencia quien nos acompañó, quien, con su conocimiento, tiempo, dedicación, esmero, apoyó y guio el desarrollo del presente proyecto.

Al docente a cargo de la planta de Manufactura Adolfo León Buriticá por el constante acompañamiento a la dura la ejecución del presente proyecto.

Tabla de contenido

1	Planteamiento, Descripción Y Formulación del Problema.....	14
2	Justificación	19
3	Objetivos.....	20
3.1	Objetivo General.....	20
3.2	Objetivo Especifico	20
4	Marco Teórico.....	21
4.1	La Automatización	21
4.2	Automatización Industrial	23
4.3	Sistemas de Manufactura Flexible.....	26
4.4	Celda Flexible de Manu- Factura	26
4.5	Ingeniería de Procesos Productivos.....	26
4.6	Análisis Benéfico Costo	28
4.6.1	Costos	28
4.6.2	Beneficios	28
4.6.3	Contra beneficios:.....	28
5	Marco Contextual.....	29
6	Marco Tecnológico	30
7	Marco Conceptual.....	34
7.1	Sistema de Producción.....	34

7.2	Celda de manufactura flexible (CMF).....	34
7.3	Estampado.	35
7.3.1	Tipos de estampado	35
7.4	Productividad.....	36
7.5	Simulación.....	37
7.6	Arenas simulador.....	37
7.7	Siman.....	37
8	Metodología a Implementar	38
8.1	Tipo de investigación.....	38
8.1.1	Fuentes para recolección, análisis y sistematización de información.....	38
9	Actividades y Resultados Relacionados en el Desarrollo del Proyecto.....	39
10	Cronograma de Actividades.....	42
11	Presupuesto	45
12	Productos Esperados	46
13	Resultados de la Investigación.....	47
13.1	Prototipo de Planta de Manufactura Flexible.	47
13.2	Estructura Funcional de la Planta De Manufactura.	48
14	Diagnóstico de la Situación Actual de la Estación de Mercado de Cubos Pequeño....	52
14.1	Estudio de Tiempos del Proceso de Mercado de Cubo de Madera.	58
14.1.1	Cálculo de tamaño de muestra para el estudio de tiempos.....	59

14.1.2 Cálculo de Tiempo de Ciclo y Análisis de la Capacidad de Producción de Marcado de Cubo de Madera Sin Rediseño	63
15 Rediseño de la Estación de Trabajo de Marcado de Cubo de Madera.....	64
15.1 Fase de planeación.....	64
15.2 Fase de desarrolló del concepto.....	64
15.2.1 Diseño del pensamiento del cliente	65
15.2.2 Supuestos.....	67
15.2.3 Restricciones.....	67
15.2.4 Lluvia de ideas.....	68
15.2.5 Depuración y consolidación de ideas	68
15.2.6 Características de las alternativas.....	68
15.2.7 Matriz de selección de alternativas.....	69
15.3 Fase de Diseño del sistema.....	71
15.4 Fase de Diseño detallado	77
15.4.1 Plano de diseño del troquel.....	78
15.5 Fase de prueba y afinamiento	80
Fase de producción de transición	86
16 Articulación de la Estación con la Planta de Manufactura Flexible	88
16.1 Montaje de la Simulación	90

16.2	Análisis de Capacidad de Producción de La Planta de Manufactura en Condiciones Actuales (Sin Rediseño)	93
16.3	Análisis de Capacidad de Producción con la Estación de Trabajo Rediseñada. ..	95
17	Análisis Económico de la Propuesta.....	97
17.1	Inversiones.....	97
17.2	Costo de mantenimiento y operación	98
17.3	Beneficios del proyecto.	100
17.4	Flujo de efectivo y cálculo de la relación beneficio / costo.....	101
18	Documentos de Apoyo.....	103
18.1	Guía para Practica de Laboratorio en la Estación de Mercado de Cubo De Madera. 103	
18.2	Manuales de la Estación de Trabajo	103
19	Conclusiones y Recomendaciones	104
20	Bibliografía	106

Lista de Tablas

Tabla 1 Tipos de Automatización	24
Tabla 2 Artículos de Investigación Derivados de Aplicación Tecnológica	33
Tabla 3 Actividades Requeridas para el Desarrollo de los Objetivos.	39
Tabla 4 Cronograma de Actividades.	42
Tabla 5 Recursos para el Desarrollo de la Investigación	45
Tabla 6 Productos esperados	46
Tabla 7 Sistemas que Conforman la Planta de Manufactura.....	49
Tabla 8 Diagnóstico de la Situación Actual de la Estación de Marcado de Cubos Pequeño	54
Tabla 9 Datos Preliminares Cronometrados (en segundos)	60
Tabla 10 Tiempos de Marcado Ajustados (en segundos/unidad*).....	61
Tabla 11 Estudio de Tiempos “Estación de Marcado de Cubo de Madera”	62
Tabla 12 Matriz de Selección de Alternativas.....	70
Tabla 13 Acople de Elementos para el Rediseño	72
Tabla 14 Cronometrados en el Proceso de Marcado de Cubo Pequeño con el Rediseño .	80
Tabla 15 Estudio de Tiempos: “Cubo de Madera Pequeños con el Rediseño”	82
Tabla 16 Resultados de Variables de Control	84
Tabla 17 Componentes de un Modelo de Simulación en Arenas.....	89
Tabla 18 Distribuciones de Probabilidad	91
Tabla 19 Resumen de Informe de Siman	94
Tabla 20 Resumen Del Informe De Siman Con En Nuevo Tiempo De Proceso	96
Tabla 21 Inversiones inicial de rediseño	97
Tabla 22 Costos de Operación de la Estación de Trabajo	99

Tabla 23 Costos de Operación y Mantenimiento por Semestre	99
Tabla 24 Beneficios del Proyecto.....	100
Tabla 25 Flujo de Efectivo para el proyecto	101

Lista de Figuras

Figura 1	Representación Plegable de Los Cubos Pequeños.....	15
Figura 2	Estación de Trabajo de Marcado de Cubos Pequeños.	16
Figura 3	Modelo Estructural de un Sistema Automatizado	23
Figura 4	Esquema de la Planta de Manufactura.....	48
Figura 5	Estación de Marcado de Cuba Pequeño (Antes de los Ajustes Pertinentes)	52
Figura 6	Mala Calidad del Marcado o de los Cubos Pequeños.....	57
Figura 7	Pérdida de Material.....	58
Figura 8	Casa de Calidad para el Marcado de Cubos Pequeños	66
Figura 9	Plano De Control Electrónico “Programa de Control de la Estación de Marcado de Cubo Pequeño”	77
Figura 10	Matriz del Troquel	78
Figura 11	Punzón del Troquel.....	79
Figura 12	Esquema Eléctrico del Nuevo Sistema de Marcado	79
Figura 13	Marcado de Cubo de Madera.....	85
Figura 14	Desalineación Entre Torre de Marcado Tobogán de Salida	86
Figura 15	Estación de Marcado Rediseñada	87
Figura 16	Experimento de la Simulación.....	92
Figura 17	Modelos de la Simulación	92
Figura 18	Animación de la Simulación.....	93
Figura 19	Distribución de Probabilidad de la Estación Rediseñada	95

TEMA

Automatización de una estación de trabajo.

TITULO

Rediseño e implementación del sistema de estampado en la estación automatizada de marcado de la planta de manufactura flexible ubicada en el laboratorio GEIPRO.

RESUMEN

El presente proyecto permitió el rediseño de la estación de trabajo de marcado de cubos pequeños que forma parte de la planta de manufactura flexible ubicada en el laboratorio Geipro. Estos cubos forman parte de los componentes del juego didáctico elaborado por esta línea de producción automatizada, los cuales son marcados en sus cuatro lados con letras y números de acuerdo a unas especificaciones dadas. En el rediseño se mejoró el estampado de estos cubos y se hicieron ajustes técnicos a la máquina que garantizaran su funcionamiento.

Con el adecuado funcionamiento de esta estación de trabajo se contribuye a mejorar el tiempo de ciclo del proceso de producción de la planta y los requerimientos de calidad del producto. Con este desarrollo se mejoró el estampado de los cuatro lados, tal manera que fue posible tener un marcado legible de la letra y número requerido; también, se logró que esta marcación fuera simétrica en la cara que define cada lado del cubo. Para ello, se planearon y ejecutaron ajustes técnicos en la estructura de la estación, se reprogramó el logo de control; se incluyó un control de temperatura; y en general, se hicieron algunas modificaciones al sistema de marcado, entre otros.

De igual manera, se realizó un análisis a partir de la simulación (S. Arena) que permitiera estimar la capacidad de producción de la planta de manufactura incluyendo los tiempos de marcado con y sin rediseño. Esto teniendo en cuenta que las demás estaciones de trabajo no estaban funcionando adecuadamente, y no se podía evaluar esta variable en tiempo real.

También, el proyecto desarrollo manuales de funcionamiento y seguridad que permitieran una operación adecuada de la estación de trabajo. Además, se propuso una guía de laboratorio para demostrar la aplicación de un tema de la ingeniería industrial con el uso de esta estación.

1 Planteamiento, Descripción Y Formulación del Problema

“La gestión de la productividad; la lúdica y creatividad para el desarrollo del ser humano del ingeniero” son líneas de investigación en los que se enmarca el trabajo del Grupo GEIPRO, que le permite contribuir no solo, al fortalecimiento de la investigación en el Programa de Ingeniería Industrial, sino, al de la Institución misma. En este sentido, el grupo Geipro lidera investigaciones en estas líneas de trabajo con acompañamiento de estudiantes buscando fomentar su participación y desarrollo de sus competencias profesionales y personales.

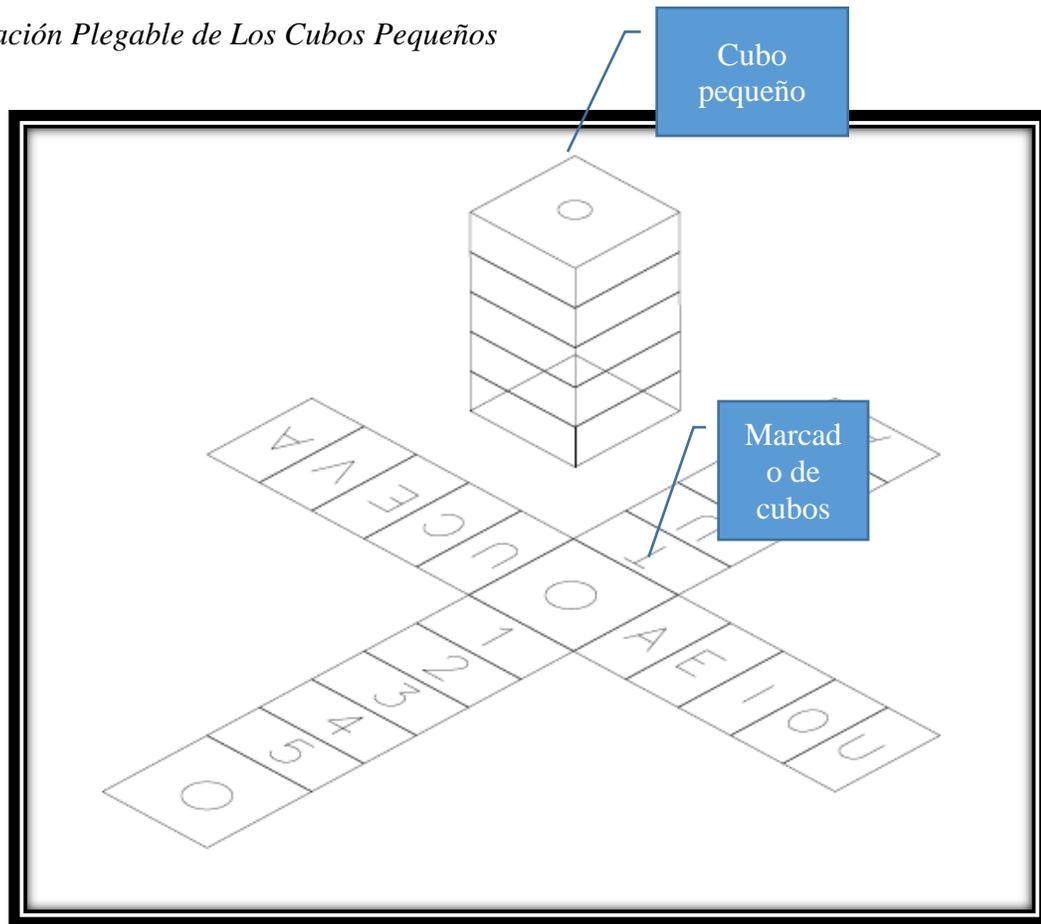
Para ello, ha venido involucrando grupos de estudiantes de varias ingenierías en el Proyecto de diseño, construcción y mejoramiento de un prototipo de Planta de Manufactura Flexible, que le permita a la Facultad de Ingeniería disponer de una herramienta didáctica para ser empleada en los procesos de enseñanza aprendizaje de los estudiantes.

Esta planta de manufactura es una línea de producción automatizada que se encarga de fabricar los componentes de un juego didáctico para (niños) los cuales podrán ensamblar manualmente y jugar a partir de las letras estampadas en cinco cubos pequeños que son atravesados por una barra de silicona y soportados en dos cubos de madera grande. Está compuesta de varias estaciones de trabajo articuladas entre sí que realizan las actividades propias para la elaboración de los componentes del producto.

Una de estas estaciones de trabajo es la que corresponde a la Estación de Marcado de cubos pequeños de madera, en la cual se estampan en cuatro de sus lados letras y números que permiten combinarlos de tal manera que se puedan leer en el juego didáctico las cinco vocales, los cinco primeros números, la palabra (UCEVA) y la palabra Tuluá, tal como se aprecia en la (Figura.1)

Figura 1

Representación Plegable de Los Cubos Pequeños



Fuente: Elaboración Propia

El proceso de marcado se inicia cuando ingresan a la maquina los cubos, uno por uno, hasta una plataforma que los va apilando hasta que se tengan los cinco cubos que se requieren por producto; luego, se activan unos brazos automáticamente que marcan los lados de los cubos (primero dos lados y luego los otros dos), posteriormente, esta plataforma que contiene los cubos marcados es empujada desde la parte inferior por un pistón hasta una canaleta por donde se deslizan por gravedad hasta la banda transportadora principal.

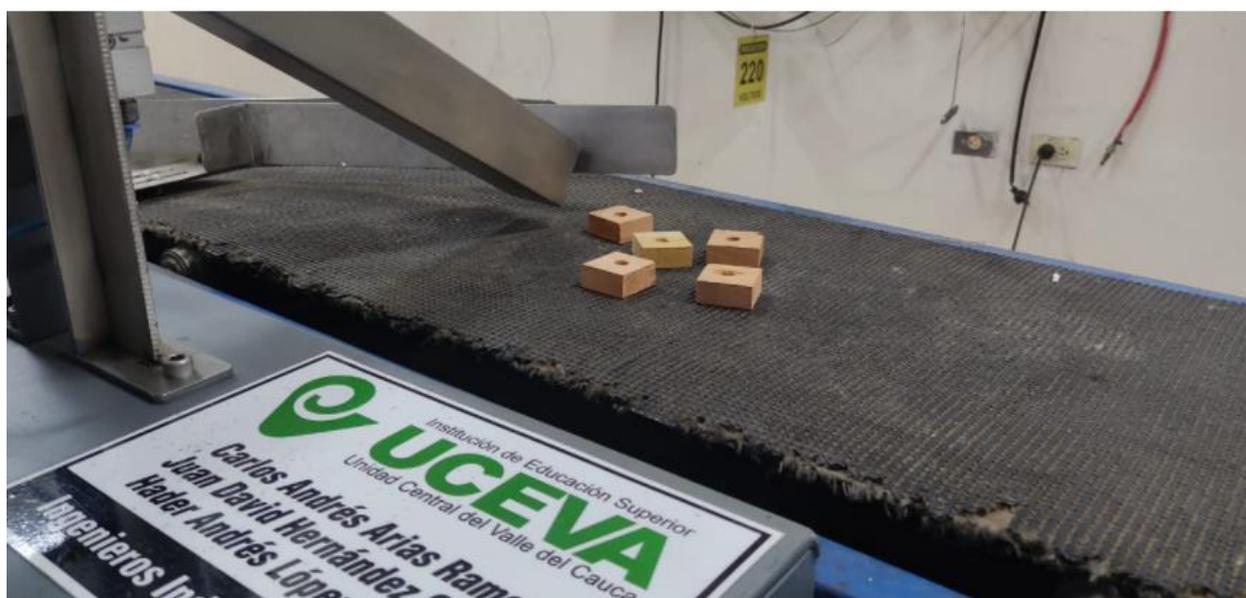
Sin embargo, actualmente, el estampado de la máquina de marcado no cumple con esta función adecuadamente ya que el sistema de marcado no logra estampar las letras y números de

forma correcta; también, se evidencian problemas mecánicos en el funcionamiento de la máquina que afecta su utilización y el de toda la planta de manufactura.

En la (Figura 2) se visualiza que a pesar de que los cubos pasan por la estación de marcado, no presenta ningún estampado.

Figura 2

Estación de Trabajo de Marcado de Cubos Pequeños.



Fuente. Elaboración Propia

Para identificar el problema en el marcado de los cubos pequeños se realizó un seguimiento en el funcionamiento de la estación de trabajo con 3 corridas de producción (la medición del tiempo se realizó para 15 cubos pequeños tomados de a uno ya que durante las 3 corridas no se pudo medir el tiempo para cada juego completo). De las cuales, dos (2) de las corridas presentaron inconvenientes técnicos en (un 33%). Los problemas observados fueron los siguientes:

Los 4 brazos que estampan los cubos con la letra o el número, no funcionaron según el tiempo del ciclo. Como consecuencia de esto fue necesario activar el paro de emergencia de la máquina.

Los cubos pequeños se atoraron al ingresar a la canaleta guía de la maquina marcadora porque no ingresaron adecuadamente.

El mecanismo de expulsión de los cubos pequeños no funciono adecuadamente después del marcado, expulsando cuatro y reteniendo 2 en el canal guía.

Por otro lado, el inconveniente técnico en el funcionamiento de la estación de trabajo genero aumento en el tiempo promedio de marcado del 25% (tiempo normal de marcado por cubos, 98.57 segundos; tiempo de marcado por problemas técnicos, 123.18 segundos / cubos). Es de anotar que este inconveniente en la estación de trabajo mencionada, a su vez genera problemas en el funcionamiento de toda la planta de manufactura (aumenta su tiempo de ciclo).

Además, con estas corridas de producción, se observó que estos cubos pequeños no cumplían con los requerimientos de calidad con respecto a su marcada: en la primera estampada de los cinco cubos, se observó que dos de ellos mostraban una ligera silueta de la letra y número requerido; el resto de la muestra no fue marcada. Con base a estos resultados se puede decir, que el 100% no se pudo marcar de acuerdo a los requerimientos técnicos.

Teniendo en cuenta estos problemas de funcionamiento y calidad, se propone el presente proyecto que permita contribuir en la solución del problema y se puedan realizar prácticas de laboratorio adecuadamente sin los traumatismos generados por los inconvenientes mencionados. Ante esta problemática se realiza la siguiente pregunta problematizadora:

¿Qué sistema de estampado es el adecuado para que la estación de marcado de la planta de manufactura cumpla con los requerimientos de calidad y el propósito de aprendizaje en los usuarios del producto?

Para la Sistematización del problema de investigación, se plantearon las siguientes preguntas:

¿Cuál es el estado actual del funcionamiento de la estación automatizada de marcado de cubos pequeños?

¿Cuál es el estado actual de estampado de los cubos pequeños de madera en la estación de trabajo de marcado?

¿Qué alternativas de rediseño de estampado de cubos pequeños de madera se pueden plantear que sean viables para su implementación?

¿Cuál es el nuevo sistema de estampado de cubos pequeños de madera para la estación de trabajo automatizada de marcado, que cumpla con los requerimientos técnicos del producto?

¿Que actividades se requieren para Implementar en la estación de trabajo automatizado de marcado, el rediseño del proceso de estampado de los cubos de madera pequeños?

¿Qué pasos se requieren desarrollar para normalizar el funcionamiento del nuevo sistema de estampado articulado en la estación de trabajo de marcado?

2 Justificación

El desarrollo de este proyecto se justifica por la intervención directa sobre la planta de manufactura flexible, contribuyendo a que opere en óptimas condiciones y que se pueda elaborar el producto (juego didáctico) con las características de calidad necesarias para que cumpla con su propósito de aprendizaje.

La planta funcionando en óptimas condiciones supone una contribución relevante en el proceso formativo de los futuros profesionales (ucevistas), dado que funja como aporte al desarrollo de competencias profesionales para el proceso formativo. A pesar de que se estima como mayores beneficiarios, con la realización de este proyecto a los estudiantes de ingeniería y en mayor medida a los del programa de ingeniería industrial, cabe resaltar que este proyecto apoya y contribuye a la búsqueda de la educación de alta calidad que busca la Unidad Central del Valle.

Por otro lado, con este proyecto los estudiantes contribuyen al mejoramiento del ciclo de producción de la planta de manufactura flexible permitiendo realizar corridas de producción sin la interferencia de tiempos erróneos de procesamiento por el mal funcionamiento de la estación de trabajo. En este sentido el proyecto busca diseñar e implantar las mejoras correspondientes las cuales permitan que el proceso de marcado cuente con los requerimientos necesarios para que desarrolle su labor efectivamente. También, el desarrollo de este proyecto permitirá disponer de una herramienta didáctica que permita fortalecer los procesos de enseñanza aprendizaje de los estudiantes.

Con el desarrollo de estas prácticas de laboratorio, se espera que los estudiantes del programa de ingeniería industrial fortalezcan sus competencias profesionales en el campo de las operaciones.

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Rediseñar e implementar un sistema de estampado en la estación automatizada de marcado de la planta de manufactura flexible que permita cumplir con los propósitos de aprendizaje.

3.2 Objetivo Especifico

- Evaluar el estado actual del funcionamiento de la estación automatizada de marcado de cubos pequeños.
- Diseñar un nuevo sistema de estampado de cubos pequeños de madera para la estación de trabajo automatizada de marcado, que contribuya a mejorar calidad y tiempo de ciclo.
- Implementar en la estación de trabajo automatizado de marcado, el rediseño del proceso de estampado de los cubos de madera pequeños y normalizar su funcionamiento.
- Elaborar el análisis beneficio costo del proyecto.

4 Marco Teórico

El presente documento considera el rediseño e implementación del sistema de estampado en la estación automatizada de marcado de la planta de manufactura flexible del laboratorio GEIPRO, por lo cual toma relevancia la conceptualización teórica que guiaran los aspectos técnicos y tecnológicos del proyecto.

4.1 La Automatización

la Automatización. Se define como la Ciencia y Técnica de la automatización, que agrupa el conjunto de las disciplinas teóricas y tecnológicas que intervienen en la concepción, la construcción y el empleo de los sistemas automáticos. La automatización constituye el aspecto teórico de la cibernética. Está estrechamente vinculada con las matemáticas, la estadística, la teoría de la información, la informática y técnicas de la ingeniería (García, 1999, p. 7).

De acuerdo con (ST Derby, 2005 citado en Córdoba, 2006) la automatización es un “método de controlar automáticamente la operación de un aparato –artefacto, proceso o sistema integrado por diversos componentes a través de medios mecatrónicas– electrónicos y computacionales que sustituyen los órganos sensitivos y la capacidad de decisión del ser humano”.

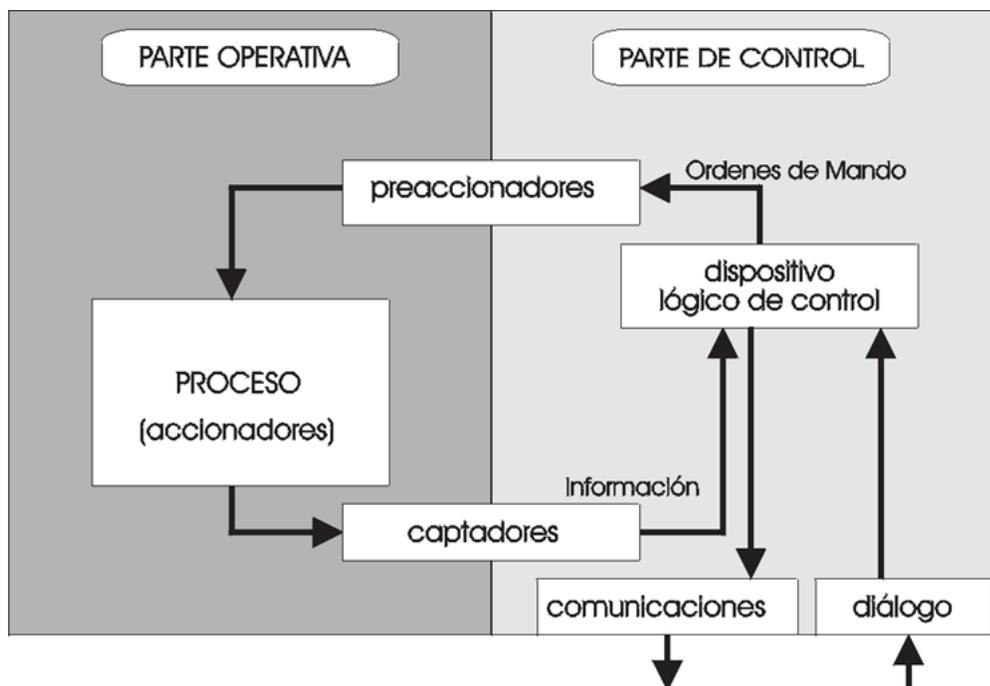
En relación a lo anterior podemos concluir que la automatización acumula un conjunto de procedimientos lógicos que permiten que la maquinaria logre separarse secuencialmente de las limitaciones humanas con el fin de desempeñar sus labores de forma autónoma, lo que garantiza un proceso eficiente controlada y con el mínimo de errores, permitiendo así que se evidencie

mejoras contundentes en los conceptos de calidad, productividad, y eficacia, en todos y cada uno de los procesos en los que la automatización es implementada correctamente.

Por otra parte, cabe contextualizar la importancia de los diferentes componentes de la automatización para así lograr comprender la relevancia que esta posee y para que tipos de procesos está diseñada. Es por esto que se deben tener en cuenta y definir claramente las dos partes principales que conforman un sistema automatizado, las cuales son:

Control o Mando: independientemente de su implementación tecnológica electrónica, neumática, hidráulica etc., es el dispositivo encargado de realizar la coordinación de las distintas operaciones encaminadas a mantener a la Parte Operativa bajo control.

Parte Operativa: formada por un conjunto de dispositivos, máquinas o subprocesos, diseñados para la realización de determinadas funciones de fabricación; de forma específica pueden tratarse de máquinas herramienta para la realización de operaciones de mecanizado más o menos sofisticadas o bien de subprocesos dedicados a tareas tales como destilación, fundición etc. En la figura 3 se presenta estas partes y la manera cómo interactúan.

Figura 3*Modelo Estructural de un Sistema Automatizado*

Fuente: (García, 1999, p. 11)

4.2 Automatización Industrial

La llegada de la automatización a la industria busca garantizar altos niveles de producción, minimizando la intervención humana dentro de los procesos productivos, logrando de esta forma que los productos se mantengan en óptimos estándares de calidad.

Adicionalmente funge como soporte para la toma de decisiones en tiempo real, incorpora la informática y el control automatizado para la ejecución autónoma y de forma óptima de procesos diseñados según criterios de ingeniería y alineados con los planes de la dirección.

Dentro del contexto evolutivo de la automatización, surge diferentes investigaciones sobre los tipos de automatización y la mejor adaptación de la mismo sobre los distintos procesos productivos. En la Tabla 1. Se presentan algunos tipos de automatización.

Tabla 1

Tipos de Automatización

Tipo	Definición	Características
Fija	Consiste en una fabricación continua del mismo producto en grandes cantidades. Las restricciones que presentan los equipos de fabricación van a condicionar la secuencia de producción	Está constituida por una secuencia sencilla de operaciones. Requiere una gran inversión debido a la demanda de equipos muy especializados Posee unos elevados ritmos de producción No se adapta a variaciones de la demanda
Programable	Se aplica en sistemas de fabricación donde el equipo de producción está diseñado para realizar cambios en la secuencia de operaciones según los diferentes productos. Es adecuada para la fabricación por lotes y no permite realizar cambios en la configuración de los productos.	Existencia de un periodo previo para la fabricación de los distintos lotes. Para realizar lotes de productos distintos, se introducen cambios en el programa y en la disposición física de los elementos. Se realiza una gran inversión en equipos de aplicación general como por ejemplo las máquinas de control numérico. Un ejemplo de este tipo de automatización son los PLC.

Tipo	Definición	Características
Flexible	Surge con el objetivo de subsanar algunas de las deficiencias presentadas por la automatización programable. Está capacitada para producir cambios en los programas y en la relación existente entre los elementos del sistema de fabricación. Un ejemplo de automatización flexible son las máquinas de control numérico	<p>la capacidad para cambiar los programas de las piezas sin perder tiempo de producción.</p> <p>la facilidad de modificar la preparación física, de nuevo, sin afectar el tiempo de producción.</p>
Integrada	Su objetivo es la integración dentro del sistema productivo de los distintos tipos de automatización	<p>Existe una mayor diversificación del producto en muchos casos superior a la automatización flexible.</p> <p>Permite agilizar los plazos de entrega del producto.</p> <p>Su implantación está justificada en procesos de producción discretos y en continuos.</p>

Fuente. Los autores

4.3 Sistemas de Manufactura Flexible

De acuerdo con (Groover, 2007) “Un sistema flexible de manufactura es una celda de maquinado altamente automatizada que consiste en un grupo de estaciones de procesamiento interconectadas mediante un sistema automatizado de manejo y almacenamiento de material y controladas por medio de un sistema integrado de computadoras” (p.915).

4.4 Celda Flexible de Manu- Factura

Cuando el sistema sólo tiene algunas máquinas, se usa el término (FMC) Tanto las celdas como los sistemas cuentan con altos niveles de automatización y se controlan por computadora. Las diferencias entre un FMS¹ y una FMC² no son siempre claras, pero de acuerdo con (Groover, 2007) “se basan en la cantidad de máquinas (estaciones de trabajo) que incluyen. El sistema flexible de manufactura consta de cuatro o más máquinas, mientras que una celda flexible de manufactura consta de tres máquinas o menos”.

4.5 Ingeniería de Procesos Productivos.

(Chase , Jacobs, & Aquilano, 2009) plantean en su libro administración de operación producción y cadenas de suministros que la ingeniería de procesos productivos se encarga de estructurar que tipo de proceso productivo se utilizará para fabricar un producto o para brindar un servicio. “Establecido la configuración más apropiada en relación a los volúmenes de producción y los formatos que se usarán para la distribución dentro de una instalación, considerando que hay cinco estructuras (proyecto, centro de trabajo, celda de -manufactura, línea de ensamble y proceso continuo)

¹ Sistema de manufactura flexible

² Celda flexible de manufactura

Ingeniería de producto: es la responsable de la funcionalidad final del producto, de la tecnología necesaria y del diseño detallado. Se suele encuadrar en las áreas de investigación y desarrollo.

La ingeniería del producto incluye la estandarización y la planificación. Deben hacerse los diseños, los dibujos, no solo del producto sino de cada uno de sus componentes, la principal responsabilidad del proyectista del producto es diseñar algo que funcione tal como estaba especificado. Este debe ser su principal objetivo, pero también debe hacerse un esfuerzo en el diseño para minimizar costes y evitar problemas de fabricación. Otras consideraciones son la fiabilidad, el mantenimiento y una gran variedad requisitos que dependen del tipo de producto.

La ingeniería de procesos: Es la responsable de definir cómo fabricar el producto diseñado, con qué tipo de proceso, qué herramientas y tecnologías de producción son necesarias. Se suele encuadrar en el área de Industrialización y Producción.

Cabe destacar que las ingenierías de producto y procesos se encuentran secuencialmente relacionadas según (Suñe Torres , Gil Vilda, & Arcus Postil, 2004) en el manual práctico de diseño de sistemas productivos “primero los ingenieros de producto diseñan o modifica y cuando está totalmente definido se transfiere a los ingenieros de proceso que se encarga de diseñar un proceso adecuado de fabricación. Una vez definido y puesto en marcha, este proceso es transferido a una producción que se encargará de gestionarlo” (p.79).

4.6 Análisis Benéfico Costo

De a cuando con (Blank & Tarquin, 2012) la razón beneficio/costo se considera el método de análisis fundamental para proyectos del sector público. El análisis B/C se creó para asignar mayor objetividad a la economía del sector público como respuesta del Congreso de Estados Unidos que aprobó la Ley de Control de Inundaciones de 1936. Existen diversas variaciones de la razón B/C; sin embargo, el enfoque fundamental es el mismo: todos los cálculos de costos y beneficios deben convertirse a una unidad monetaria de equivalencia común (VP, VA o VF) con la tasa de descuento (tasa de interés) (p. 235)

4.6.1 Costos

estimación de gastos para la entidad gubernamental para la construcción, operación y mantenimiento del proyecto, menos cualquier valor de rescate.

4.6.2 Beneficios

ventajas que experimentará el propietario, el público.

4.6.3 Contra beneficios:

desventajas para los propietarios cuando se lleva a cabo el proyecto en consideración. Los contras beneficios pueden consistir en desventajas económicas indirectas de la opción.

5 Marco Contextual

El presente proyecto se desarrolló en una de las estaciones de trabajo de la Planta de Manufactura Flexible ubicada en el Laboratorio Geipro de La Uceva.

Este Laboratorio es administrado por la Facultad de Ingeniería y corresponde al lugar en el cual los estudiantes realizan prácticas que les permite hacer transferencia de conceptos en un contexto real y de experimentación. Este laboratorio está dividido en dos secciones, cada una con alrededor de 75 metros cuadrados, dotadas con medios educativos para el desarrollo de actividades de formación y la realización de lúdicas; en una sección está ubicada la planta de manufactura flexible, una línea de ensamble y dotación para realizar algunas prácticas con el montaje de líneas de producción en la que se elaboran productos de madera. En la otra sección, se tiene dotación de materiales livianos que permiten realizar actividades lúdicas para simular líneas de producción. También, este espacio es utilizado para el trabajo de investigación del Semillero Geipro.

La planta de manufactura flexible es una herramienta didáctica que se ha venido construyendo a partir del desarrollo de trabajo de grado de estudiantes de la Facultad de Ingeniería. Está compuesta por varias de estaciones de trabajo automatizadas articuladas entre sí y controladas por un PLC principal. En esta se desarrollan distintas tareas, tales como corte, perforación, estampado, pintura, empaque y paletizado.

6 Marco Tecnológico

Después de la Revolución industrial, las máquinas reemplazaron el trabajo humano y la tecnología de la mecanización reemplazó muchos trabajos manuales.

El crecimiento de los volúmenes de producción estándar, provocó una baja en los costos debido a que se diseñaron máquinas para propósitos específicos dedicadas a la producción de una sola parte o de un producto en su totalidad. En la actualidad, en la manufactura de partes separadas, este tipo de máquinas están conectadas o eslabonadas al sistema de manejo de materiales. Esto es, el proceso puede desempeñarse automáticamente debido a la automatización de la línea de producción (Mejía Estañol, 2000, p. 25).

Desde entonces hasta la fecha no se ha retrocedido en el avance de la automatización en los procesos industriales, ya que día tras día se marca más la participación de esta disciplina, llevando a operar procesos con poca o ninguna participación humana y permitiendo alcanzar niveles de flexibilidad al grado de producir en masa productos totalmente personalizados. Esto pues, gracias a que se cuenta con dispositivos capaces de captar, procesar, tomar decisiones y controlar aspectos de un proceso productivo.

Los altos grados de flexibilidad que la automatización permite alcanzar a las empresas, condiciones propias para la generación de ventajas competitivas, principalmente por la capacidad de repuesta que se adquiere a cambios repentinos en el mercado.

Entre los componentes principales que se encuentran en un sistema automático tenemos:

Redes, Sensores, Software, Actuadores, Controladores

Redes: utilizada para la transmisión de señales, impulsos eléctricos o electromagnéticos por medios alámbricos o inalámbricos.

Sensores: dispositivos utilizados para la detección y transmisión de magnitudes físicas.

Software: se encuentra comprendido por la compilación de datos, que de manera ordenada permiten la ejecución de múltiples tareas en un ordenador.

Actuadores: Son aquellos elementos que dentro de un sistema se encargan de ejecutar movimientos lineales, rotativos de fuerza y velocidad.

Controlador: dispositivo electrónico que se encarga de ordenar y controlar el funcionamiento de los procesos de un sistema. En la actualidad existe una variante de controladores, PLC (controlador lógico programable), que permite al dispositivo sobre el cual se aplica, un mayor grado de independencia.

El presente proyecto de investigación se enmarca en un entorno tecnológico en el cual se utilizan componentes y tecnologías de desarrollo electrónico; software para la administración de pedidos y soportado por tecnologías de hardware, software y comunicación; bandas transportadoras y estaciones de trabajo automatizadas, controladas por un PLC, entre otras tecnologías de desarrollo tecnológico.

Además, el desarrollo de este proyecto tiene como referencias tecnológicas los diferentes proyectos de investigación que permitieron contribuir con la estructuración del prototipo de planta de manufactura flexible de la Facultad de Ingeniería de la Uceva. Esta tecnología es utilizada como herramienta didáctica en los diferentes procesos de enseñanza aprendizaje de la ingeniería industrial.

Este prototipo ha implicado la construcción y articulación de las diferentes estaciones de trabajo automatizado y diferentes sistemas complementarios; también, el rediseño de algunas estaciones para el mejoramiento del ciclo de funcionamiento de la planta. Todos estos proyectos han sido desarrollados por estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Uceva y pertenecen a un proyecto liderado por el docente William Bolaños Valencia.

También, se encuentra que diferentes universidades a nivel nacional disponen de celdas de manufactura flexible como herramienta didáctica que permite ser utilizada en sus procesos de formación y desarrollo de proyectos de investigación tal como se evidencia Tabla 2 presentada a continuación.

Tabla 2*Artículos de Investigación Derivados de Aplicación Tecnológica*

Nombre del artículo de investigación	Autores
Productividad en una celda de manufactura flexible simulada en promodel utilizando path networks type crane	Bernal Loaiza, María Elena Cock Sarmiento, German; Restrepo Correa, Jorge Hernán. Universidad Tecnológica de Pereira
Simulación de operación de celdas de manufactura flexible fmc, utilizando las redes de petri	CARLOS A. MONTILLA M. Ingeniero Mecánico, M.Sc. Profesor Especial Universidad Tecnológica de Pereira; JUAN FELIPE ARROYAVE, Ingeniero Mecánico, M.Sc. Profesor Especial. Universidad Tecnológica de Pereira.
Modelado y Control Supervisor de un Prototipo de Celda de Manufactura Flexible	J. A. Rodríguez Zúñiga; E. Aranda-Bricaire; Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección de Mecatronica, CINVESTAV, San Pedro Zacatenco; Ciudad de México.
Implementación De Proceso De Pick And Place Mediante Grúa-Robot Aplicado A Celda De Manufactura Flexible	José Javier Doria García l, Fabián Leonardo Melo Cachay, John Jairo Chávez Chávez. Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
Selección de materia prima por color usando un sensor adaptado a una celda de manufactura	María Elena Bernal Loaiza; German Cock Sarmiento; Diego Fernando Castaño. Universidad Tecnológica de Pereira.
Modelado y Control de una Celda Automatizada de Manufactura Flexible basado en Redes de Petri	Sergio A. Foyo Valdés, Erika S. Puga Velazquez, Eduardo G. Hernández Martínez. División de Ingeniería Mecatrónica - TESCO, Estado de México.

Fuente. Elaboración Propia.

7 Marco Conceptual

7.1 Sistema de Producción.

De acuerdo con (Groover, 2007)“Un sistema de producción lo forman una serie de estaciones de trabajo ordenadas para que los productos pasen de una estación a la siguiente y en cada posición se realice una parte del trabajo total. La velocidad de producción de la línea se determina por medio de su estación más lenta (p.25). Los sistemas de producción se clasifican de acuerdo con la disposición de las máquinas y departamentos dentro de las plantas manufactureras. La gama de los sistemas de producción va de los talleres con operadores principalmente manuales a líneas de montaje completamente automatizadas.

7.2 Celda de manufactura flexible (CMF)

es un conjunto de componentes electromecánicos, que trabajan de manera coordinada para el logro de un producto, y que además permiten la fabricación en serie de dicho producto. El aspecto flexible de una celda flexible de manufactura indica que la celda no está restringida a sólo un tipo de parte o proceso, más bien puede acomodarse fácilmente a distintas partes y productos, usualmente dentro de familias de propiedades físicas y características dimensionales similares.

Las máquinas en una celda están usualmente ubicadas de manera circular, muchas veces con un robot en el centro, el cual mueve las partes de máquina en máquina. El conjunto de máquinas en una celda se complementa para efectuar una actividad básicamente relacionada, como mecanizado, taladrado, terminación superficial o inspección de una pieza.

Las celdas flexibles de manufactura tienen dos cosas en común: Las máquinas son operadas por un control común y hay un manejo común de los materiales. “El control de las

operaciones de las celdas flexibles de producción, son manejados por una CPU³” (Groover, 2007, p. 916) Funcionalmente, el sistema de control debe ser capaz de:

- Monitorear el equipo: que la operación del equipo ocurra bajo las condiciones preestablecidas.
- Monitorear las alarmas: Detectar y reporta condiciones de error, y responde con acciones alternativas automáticamente.
- administrar los programas necesarios para la operación: Permite el guardado, carga y descarga de programas e instrucciones para equipos programables o manuales.
- Control de producción: Analiza el trabajo en proceso y optimiza con esos datos el despacho de piezas terminadas

7.3 Estampado.

“(De estampar) Cualquiera efigie o figura trasladada al papel u otra materia, por medio del tórculo o prensa, de la lámina de metal o madera en que está grabada, o de la piedra litográfica en que está dibujada” (Real academia de la lengua española).

7.3.1 Tipos de estampado

Estampado manual: Técnicas de impresión, donde un diseño es grabado o tallado sobre una superficie rígida (matriz). El diseño en relieve recibirá la tinta que será transferida por presión a otra superficie plana o con volumen (papel, tela, madera, etc.).

Estampado por reserve: Técnicas de impresión donde el color es aplicado en el soporte con una barrera o máscara que tiene como función reservar las zonas que no deben ser impresas.

³ unidad central de procesamiento

Estampado por transferencia: Aplicación indirecta invertida / Artesanal o industrial.

Técnicas de impresión, donde la imagen es transferida desde un soporte auxiliar a la superficie final. La imagen puede ser fijada por calor, presión, frotación.

Estampado único: También llamada estampado localizada, es una composición diseñada para funcionar sola o en compasé con otros diseños. El Compuesto es el conjunto de estampas que funcionan como sistema.

7.4 Productividad

“Los productos son fabricados como resultados de la integración de cuatro elementos principales: tierra, capital, trabajo y organización. La relación de estos elementos a la producción es una medida de la productividad” (Oficina Internacional del Trabajo, 1996, pp.5,6).

Según Roger G. Schroeder, La creación de bienes y servicios requiere transformar los recursos en bienes y servicios. Cuanto más eficiente hagamos esta transformación, más productivos seremos y mayor será el valor agregado a los bienes y servicios que proporcionemos. La productividad es la relación que existe entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas (recursos como mano de obra y capital).

Ambas formas representan una mejora en la productividad. En el sentido económico, las entradas son mano de obra, capital y administración integrados en un sistema de producción. La administración crea este sistema de producción, el cual proporciona la conversión de entradas en salidas. Las salidas son bienes y servicios que incluyen artículos tan diversos como pistolas, mantequilla, educación, sistemas judiciales mejorados y centros turísticos para esquiar. La producción es la elaboración de bienes y servicios.

7.5 Simulación

hace referencia a “una amplia colección de métodos y aplicaciones para imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente en una computadora con el software apropiado. De hecho, "simulación" puede ser un término extremadamente general, ya que la idea se aplica a muchos campos” (W. Kelton, P. Sadowski, & T. Sturrock, 2008, pp. 3,4).

7.6 Arenas simulador

Es un software de computación de procesos comerciales, es una forma eficaz de evaluar todas las implicaciones de las decisiones comerciales antes de que se pongan en práctica.

7.7 Siman

Es un software de modelización, simulación y animación de flujos de procesos por eventos discretos, basado en un enfoque mixto que combina objetos y procedimientos para producir modelos de comportamiento de sistemas logísticos, industriales y de servicios.

8 Metodología a Implementar

8.1 Tipo de investigación.

Para el desarrollo del trabajo se utilizará la investigación aplicada, teniendo en cuenta que se implementará el rediseño de la estación de trabajo automatizada a partir de una serie de requerimientos técnicos y evaluación de alternativas de mejora. Es decir, que se planteara la propuesta del diseño mejorado de la estación de trabajo y luego se ejecutara y validara su funcionamiento.

Este tipo de investigación permitirá que los investigadores transfieran los conocimientos adquiridos en la formación como ingenieros industriales en un contexto real.

8.1.1 Fuentes para recolección, análisis y sistematización de información.

Fuentes primarias. Corresponden a la información suministrada por los líderes del proyecto, a la información obtenida por observación directa en funcionamiento de la planta de manufactura y por recolección de datos generados al operar la estación de trabajo de marcado con su situación actual y por mediciones derivadas del proyecto de investigación.

Fuentes secundarias. Corresponde a la información de docentes y estudiantes que han participado de la construcción de la planta de manufactura; además, se utilizarán recursos como: documentos, revistas especializadas, textos, trabajos de grado y portales de Internet.

9 Actividades y Resultados Relacionados en el Desarrollo del Proyecto.

En la tabla 3 se presentan las actividades que se desarrollaran para cada alcanzar los objetivos específicos del proyecto.

Tabla 3

Actividades Requeridas para el Desarrollo de los Objetivos.

Objetivo	Actividad	Instrumento	Producto A Obtener
<p>Evaluar el estado actual de funcionamiento de la estación automatizada de marcado de cubos pequeños.</p>	<p>Revisión del funcionamiento de los sistemas funcionales de la estación de trabajo (eléctrico, electrónico, mecánico, programación, suministro aire comprimido)</p> <p>Pruebas de funcionamiento de la estación, determinando los tiempos de operación n, calidad, fallas.</p> <p>Cálculo de la capacidad de producción de la estación de trabajo.</p> <p>Evaluación del impacto del mal funcionamiento de la estación de trabajo de marcado en el tiempo de ciclo de la planta</p>	<p>Formato de recolección de datos.</p> <p>Observación directa.</p> <p>Cronómetros.</p>	<p>Datos de la situación actual de la estación los cuales servirán como evidencia para comparar el antes y el después de desarrollado el proyecto</p>

Objetivo	Actividad	Instrumento	Producto A Obtener
<p>Diseñar un nuevo sistema de estampado de cubos pequeños de madera para la estación de trabajo automatizada de marcado, que contribuya a mejorar calidad y tiempo de ciclo.</p>	<p>Exploración de bases de datos para identificar procesos de marcado y su tecnología.</p> <p>Elaboración de propuestas de diseño de la estación de trabajo.</p> <p>Selección de la alternativa de diseño.</p> <p>Desarrollo de la alternativa seleccionada.</p> <p>Elaboración de planos, requerimientos y detalles de funcionamiento de la estación de trabajo.</p> <p>Compra de materiales y demás insumos necesarios.</p>	<p>Fuentes de información (internet).</p> <p>Bases de datos.</p> <p>Planos actuales de la máquina.</p> <p>Requerimientos del líder del proyecto de la planta de manufactura.</p> <p>Programación del PLC.</p>	<p>Propuesta de rediseño de la estación de trabajo con todos los detalles técnicos necesarios.</p>
<p>Implementar en la estación de trabajo automatizado de marcado, el rediseño del proceso de estampado de los cubos de madera pequeños y normalizar su funcionamiento</p>	<p>Prueba piloto para evaluar funcionamiento de la estación de trabajo.</p> <p>Recolección y análisis de datos de funcionamiento.</p> <p>Propuesta e implementación de ajustes finales a la estación de trabajo.</p> <p>Medición de los tiempos de fabricación después del rediseño.</p> <p>Calcular la capacidad de producción de la estación.</p> <p>Evaluación del impacto de la mejora en el tiempo del ciclo de la planta de manufactura.</p>	<p>Termostato.</p> <p>Personal con conocimiento en electrónica.</p> <p>Insumos.</p>	<p>Estación de trabajo de marcado funcionando de acuerdo a los requerimientos solicitados.</p>

Objetivo	Actividad	Instrumento	Producto A Obtener
	Elaboración de guía para práctica de laboratorio. Elaboración de manual de usuario.		
Elaborar el análisis beneficio costo del proyecto.	Análisis de beneficios. Análisis de costos de operación y mantenimiento. Análisis de inversiones.	Facturas de compra de repuestos. Facturas de compra de materiales eléctricos y electrónicos Factura de compra de materiales para pruebas y ensayos. Recibo de pago a asesores. Estadísticas de deserción de estudiantes, resultados académicos.	Indicador beneficio costo del proyecto

Fuente. Elaboración Propia

Objetivos del Proyecto	PERIODO 2021																
	semestre 1				mayo				junio				julio				
	ene	febrero	mar	abr	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	
Diseñar un nuevo sistema de estampado de cubos pequeños de madera para la estación de trabajo automatizada de marcado, que contribuya a mejorar calidad y tiempo de ciclo .	Exploración de bases de datos para identificar procesos de marcado y su tecnología.			*Elaboración de propuestas de diseño de la estación de trabajo. *Selección de la alternativa de diseño.	Elaboración de planos, requerimientos y detalles de funcionamiento de la estación de trabajo.												
Implementar en la estación de trabajo automatizado de marcado, el rediseño del proceso de estampado de los cubos de madera pequeños y normalizar su funcionamiento					Desarrollo de la propuesta				*Prueba piloto para evaluar funcionamiento de la estación de trabajo. *Recolección y análisis de datos de funcionamiento.	Propuesta e implementación de ajustes finales a la estación de trabajo.	Medición de los tiempos de fabricación después del rediseño .	Calcular la capacidad de producción de la estación.	Evaluación del impacto de la mejora en el tiempo del ciclo de la planta de manufactura.	Elaboración de guía para práctica de laboratorio.	Elaboración de manual de usuario.		

Objetivos del Proyecto	PERIODO 2021															
	semestre 1				mayo				junio				julio			
	ene	febrero	mar	abr	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Elaborar el análisis beneficio costo del proyecto.														Análisis de beneficios.	Análisis de costos de operación.	Análisis de la inversión

Fuente: Elaboración Propia

11 Presupuesto

El presupuesto proyectado para el desarrollo de la investigación se organiza en dos grupos de recursos: institucionales y propios tan cómo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5

Recursos para el Desarrollo de la Investigación

Nombre del recurso	Valor estimado (\$)
Institucionales:	0
Laboratorio de ingeniería industrial (GEIPRO)	0
Herramientas del laboratorio GEIPRO	0
Biblioteca de la UCEVA	0
Servicio de internet y energía eléctrica	0
Computadores	0
Propios:	
Materiales para pruebas (madera, pintura, barra de silicona, cajas)	0
Transporte local	100.000
Papelería	100.000
Asesoría técnica (eléctrica, electrónica, mecánica, industrial)	0
Total (\$)	200.000

Fuente. elaboración propia

Productos Esperados

en la tabla 6 se indican los productos esperados con el desarrollo del proyecto

Tabla 6

Productos esperados

Clasificación	Descripción	Producto	☒
Productos de Generación de Nuevo Conocimiento	Son aquellos aportes significativos al estado del arte de un área de conocimiento, que han sido discutidos, validados que lleguen a ser incorporados a la discusión científica, al desarrollo de las actividades investigativas, académicas y a la práctica tecnológica	Artículos A	<input type="checkbox"/>
		Artículos B	<input type="checkbox"/>
		Artículos C	<input type="checkbox"/>
		Capítulos en Libros	<input type="checkbox"/>
		Artículos de circulación regional y/o nacional	<input type="checkbox"/>
		Patentes	<input type="checkbox"/>
		Variedad vegetal	<input type="checkbox"/>
Productos de Apropiación Social del Conocimiento	La apropiación social del conocimiento se entiende como un proceso y práctica social de construcción colectiva, donde actores que pueden ser individuos, organizaciones o comunidades, se involucran en	Programas o proyectos de extensión universitaria o de Responsabilidad social	<input type="checkbox"/>
		Proyecto de comunicación del conocimiento	<input type="checkbox"/>
		Generación de contenidos (documentos)	<input type="checkbox"/>
		Generación de contenidos (multimedia)	<input type="checkbox"/>
Clasificación	Descripción	Producto	☒
	interacciones que les permiten intercambiar saberes y experiencias, donde el conocimiento circula, es discutido, puesto a prueba, usado y llevado a la cotidianidad.	Participación Eventos Científicos	<input type="checkbox"/>
		Participación Redes de Conocimiento	<input type="checkbox"/>
		Participación Redes de Conocimiento	<input type="checkbox"/>
Otros	Aportes del trabajo realizado en la modalidad de opción de grado: "Proyecto de grado"	Documento entregado	X <input type="checkbox"/>

Fuente. Elaboración propia.

12 Resultados de la Investigación

El resultado final de esta investigación es la estación de trabajo automatizada para el marcado de cubo pequeño funcionando adecuadamente en su tiempo de ciclo y marcando los cuatro lados del cubo de acuerdo a las especificaciones dadas (cinco vocales, cinco primeros números, la palabra Tuluá y la palabra Uceva). Además, contribución en la mejora del tiempo del ciclo de la planta de manufactura a partir de su acoplamiento a las demás estaciones de trabajo; guía para el desarrollo de una práctica de laboratorio que fortalezca las competencias de los estudiantes en el área de producción y logística; manuales para el adecuado uso de la estación de trabajo.

12.1 Prototipo de Planta de Manufactura Flexible.

La planta de manufactura flexible es un prototipo de línea de producción automatizada que fue diseñada y construida para simular en contextos reales temas propios del área de gestión de producción y logística; además, se encuentra en la etapa de mejoramiento tecnológico ya que fue construida con restricciones económicas que limitaron su construcción y sostenibilidad en el funcionamiento.

Esta planta de manufactura permite elaborar algunos componentes de madera que forman parte del producto planeado para su producción tal como se evidencia en la (Ver figura 1). Este producto es un juego didáctico conformado por dos cubos grandes, cinco cubos pequeños y 1 barra de silicona que son empacados en una caja de cartón cerrada para que el usuario final lo ensamble.

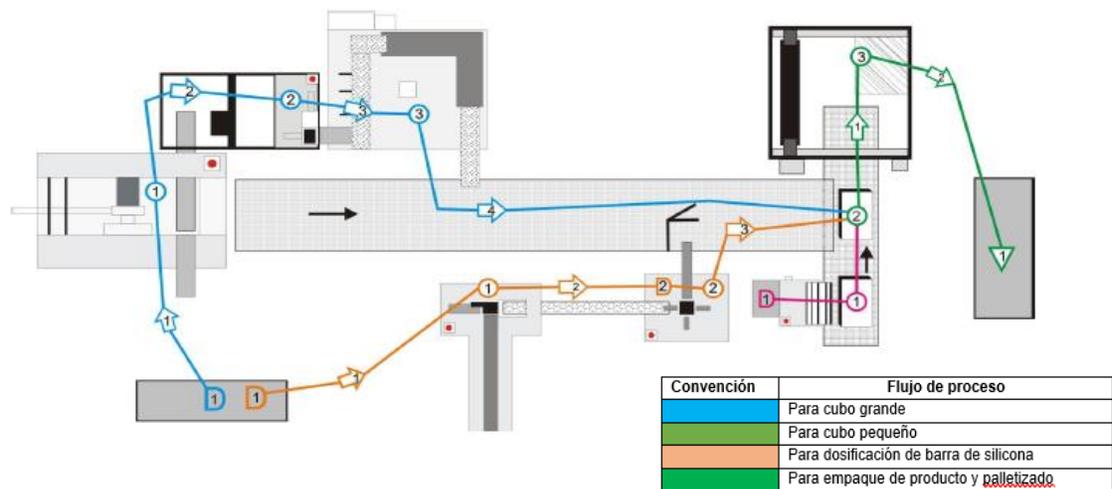
El prototipo fue construido buscando que se convierta en una herramienta didáctica con la cual los estudiantes de la facultad de ingeniería puedan desarrollar prácticas que corresponden a la transferencia de algunos conceptos permitiéndoles fortalecer estos procesos de enseñanza y

aprendizaje. Aquí se simulan pedidos del producto y se realizan las respectivas observaciones y mediciones correspondientes al tema objeto de estudio.

12.2 Estructura Funcional de la Planta De Manufactura.

Figura 4

Esquema de la Planta de Manufactura



Fuente. Estudiante Jaime Toro. Rediseño de la estación de palletizado

En la Tabla 7 se presenta la estructura funcional de la planta de manufactura en la cual se definen cada uno de los subsistemas que la componen. A su vez estos están formados por estaciones de trabajo que permiten desarrollar el proceso productivo tal como fue diseñado. También, aquí se describe brevemente la manera como se realiza cada actividad. Es de anotar que estos subsistemas están articulados entre sí y permiten el adecuado funcionamiento de la planta de manufactura.

Tabla 7*Sistemas que Conforman la Planta de Manufactura*

Subsistema	Estación de trabajo	Descripción de la actividad
Estaciones de trabajo	Subproceso de cubo grande:	
	Corte	Se ubica el listón de madera en el canal de alimentación de la máquina, este se desplaza hasta la sierra circular, se corta el cubo según especificación, cae el cubo por gravedad hasta la guía de transporte por donde se desplaza hasta un punto final en donde será tomado por el brazo manipulador que forma parte de la estación de transporte.
	Transporte de cubo	El brazo manipulador que conforma esta estación toma el cubo, lo transporta hasta la entrada del tobogán de la estación de perforado en donde es soltado y cae por gravedad hasta la base de la estación de perforado.
	Perforado	Cae el cubo en la base de trabajo de la estación en un área determinada, luego es perforado; finalizada esta operación, el cubo es expulsado por una guía de transporte hasta otra guía por donde cae por gravedad hasta el sistema de transporte de la estación de pintura.
	Pintura y secado	<p>El cubo inicia el recorrido por el sistema de banda transportadora de la estación, para en la primera posición del recorrido y aquí es pintado en dos lados y la cara superior, continúa el cubo su recorrido por la banda, hasta una segunda posición en donde es pintado en los otros dos lados y nuevamente, la cara superior. En este recorrido, el cubo gira de acuerdo a un mecanismo para que los dos lados sin pintar queden expuestos a las boquillas de las pistolas de pintura. Al salir de este punto, continúa el recorrido y pasa a la cabina de secado, transportándose siempre por el sistema de banda transportadora.</p> <p>El cubo se transporta por esta cabina muy lentamente dando tiempo a que se realice el proceso de secado que se realiza de acuerdo a la temperatura y tiempo especificado. Luego, sale el cubo de aquí por banda transportadora hasta el borde de la banda transportadora principal en donde cae y se desplaza hasta la caja de empaque.</p>

Subsistema	Estación de trabajo	Descripción de la actividad
	Subproceso de cubo pequeño:	
	Corte y perforado	Se posiciona listón de madera en el canal de la estación de trabajo, se desplaza por esta guía y el sistema de transporte hasta un punto específico y un tope del recorrido, se perfora el listón y luego se corta el cubo de acuerdo a la especificación; expulsas el cubo hasta una pequeña banda transportadora que lo llevara a la estación de marcado.
	Marcado	<p>El cubo viene por la pequeña banda trasportadora, ingresa por un canal de la estación de trabajo, un pulsador lo sube a una base en donde se va apilando con otros cubos; este ciclo se repite 5 veces por producto; una vez apilados los cinco cubos, el mecanismo marca dos lados y luego los otros dos lados. Este marcado de acuerdo a la especificación dada.</p> <p>Finalmente, esta base es subida por medio de un pisto, hasta punto final del recorrido; aquí, los cubos son empujados por otro pulsador hasta un canal cerrado por el cual se desplazan por gravedad hasta la banda transportadora principal para ser llevados a la caja de empaque.</p>
	Dosificadora de barra de silicona	Se ubican manualmente las barras de silicona, una por una, en el compartimiento de la estación de trabajo que es utilizado para tal fin; luego, es dispensada automáticamente 1 barra de silicona (por producto) en la caja de empaque del producto la cual es colocada manualmente en frente de su salida y previamente sobre una banda transportadora pequeña.
	Empaque de componentes	La caja de empaque viene de la estación de dosificación de barra de silicona a través de una pequeña banda transportadora, hasta una posición específica al final del recorrido de la banda principal en donde van cayendo por gravedad los cubos grandes y cubos pequeños; luego, la caja se desplaza hasta un punto final de la banda para ser paletizada. Durante este recorrido la tapa la caja es cerrada.
	Paletizadora de	Desde un punto final demarcado sobre la pequeña banda transportadora se toma la caja de empaque por un brazo manipulador de la estación de paletizado; luego, este va colocando cada una de ellas en cierta

Subsistema	Estación de trabajo	Descripción de la actividad
	productos	posición de una estiba de madera. Este proceso se realiza hasta posicionar 12 cajas por nivel hasta completar 4 niveles por estiba.
Sistema de transporte de material	Transporte principal	Por aquí se desplazan los cubos grandes y cubos pequeños hasta la caja de empaque del producto.
	Transporte de cubo grande	Corresponde al brazo manipulador cuya función principal es tomar el cubo grande desde la estación de corte y llevarlo hasta la estación de perforado.
	Transporte de cubo pequeño	Por esta banda pequeña se mueve el cubo pequeño desde la salida de la estación de corte y perforado hasta la entrada al tobogán de la estación de marcado.
	Transporte de la caja de empaque	Este movimiento se inicia en la estación de dosificación de barra de silicona, luego el movimiento hasta el recorrido final de la banda transportadora principal y finalmente hasta el punto final en donde se inicia el paletizado.
Control de la planta	Tablero	En este tablero se controla el funcionamiento de todo el sistema de producción. Cuenta con un PLC siemens 1200 que permite la comunicación de todas las estaciones de trabajo, los diferentes subsistemas y también, el software que administra los pedidos.
Aire comprimido	Tablero de encendido	Este sistema está conformado básicamente por el compresor de aire y la red de tuberías para la distribución del aire. Se tiene una tubería principal, tres secundarias y desde aquí se lleva el aire hasta la estación de trabajo que lo requiera.
Encendido eléctrico	Tablero principal	Aquí se concentra el encendido eléctrico de todo el sistema. Las estaciones de trabajo están conectadas a este sistema y desde aquí se energizan cuando se requiera utilizar la planta de manufactura.
Administración de pedidos	Software	Este sistema permite administrar el funcionamiento de la banda transportadora principal y las estaciones de trabajo en modo automático. Desde aquí se generan las órdenes de producción con las que se va a demostrar un tema específico de la ingeniería.

Fuente. Ing. William Bolaños Valencia (DTC Facultad de Ingeniería).

13 Diagnóstico de la Situación Actual de la Estación de Marcado de Cubos Pequeño.

Figura 5

Estación de Marcado de Cuba Pequeño (Antes de los Ajustes Pertinentes)



La estación de trabajo automatizado de Marcado de Cubos de Madera Pequeño la cual se presenta en la figura 5, hace parte de la planta de manufactura flexible del laboratorio GEIPRO, cuyo proceso principal es el marcado de cinco cubos de madera que forman el “juego didáctico” en los cuales se marcan en sus cuatro lados letras y números con el fin de generar unas lecturas para el aprendizaje de los usuarios principales (niños); actualmente, el sistema que se diseñó para tal fin funciona desde lo mecánico, pero no se consigue el marcado deseado sobre los lados de los

cubos. Este proceso de grabado se hace a partir de la presión que se ejerce desde el troquel sobre la madera; sobre la superficie de los caracteres de cada troquel va adherida una cinta que es alimentada manualmente con tinta). El no cumplimiento de los requerimientos de estampado de este proceso, genera la oportunidad de mejorarlo y se propone a partir del presente proyecto, el cual tiene como objetivo rediseñar e implementar un sistema de estampado en la estación automatizada de marcado de la planta de manufactura flexible del laboratorio GEIPRO.

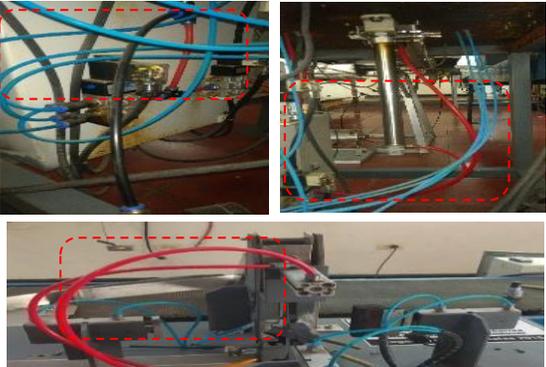
Para alcanzar este objetivo se partió de un diagnóstico detallado que permitiera evaluar y planear el rediseño propuesto. En este sentido, se realizó una inspección visual de los diferentes sistemas de la estación de trabajo (registro fotográfico), verificación del funcionamiento y comentarios de los líderes del proyecto general. Estos resultados se detallan y evidencian en el Tabla 8.

Tabla 8*Diagnóstico de la Situación Actual de la Estación de Marcado de Cubos Pequeño*

Sistema	Comentario	Evidencia fotográfica
Sistema eléctrico	<p>Se pudo evidenciar, un compromiso significativo del sistema eléctrico de la estación de marcado de cubos pequeños, se evidencia como puntos críticos la falencia de elementos de protección como borneras de tierra, cableado o empalmes expuesto, adicionalmente algunos de los elementos del sistema presentan estado de sulfatación lo cual limita la circulación apropiada de electrones en los componentes.</p>	
Sistema de detección ⁴	<p>El sistema de detección presenta compromiso en sus principales componentes, sensores y finales de carrera. Los sensores presentan un compromiso parcial, dado que las falencias detectadas se encuentran asociadas al nivel de polución en la zona de trabajo, lo cual es un escenario propicio para el deterioro forzado⁵ de los equipos, por su parte los finales de carreras presentan compromiso total de su funcionamiento.</p>	

⁴ Sistema de detección: es una convención propia de los investigadores para referirse a los elementos encargados de detectar el paso de o la posesión de elementos para el caso participas este sistema se encuentra comprendo poseedores de capacidad y finales de carrera.

⁵ Deterioro forzado: desgaste presentado en los equipos por operación en condiciones de suciedad y falta de lubricación.

<p>Sistema neumático</p>	<p>El sistema neumático presenta compromiso causado, principalmente por pérdidas de presión, las cuales son originadas por daños de los acoples de mangueras y cilindro neumáticos, ruptura de la maguaras (conductos) y condensación de líquidos en las mismas, esto aunado, a la falta de ejecución de protocolos de mantenimiento han facilitado el desarrollo de condiciones no idóneas para la operación del equipo, lo cual viene deteriorando su funcionamiento.</p>	
<p>Alimentación neumática</p>	<p>El sistema que se encarga de alimentar de aire comprimido la estación de trabajo, se encuentra en perfecto estado, no presenta compromiso estructura ni fugas de aire, y cuenta con la capacidad suficiente para la alimentación de la estación.</p>	
<p>Lógica programada</p>	<p>la secuencia bajo la cual, la estación de trabajo ejecuta sus actividades evidencia un claro, compromiso de la lógica secuenciada en la máquina, ya que no realiza proceso bajo la secuencia.</p>	<p style="text-align: center;">X</p>
<p>Estructural</p>	<p>la estructura metálica del equipo no presenta compromiso. Se encuentra en buen estado, presenta acumulación de suciedad en alguna de su parte, pero en términos general se encuentra en excelente estado.</p>	<p style="text-align: center;">X</p>

Fuente. Elaboración Propia.

También, en este proceso se evidenció el estado de corrosión de ciertos componentes de la estación de trabajo como el medidor de presión (manómetro); inadecuada disposición de los cables de Poder de la Máquina los cuales se conectan a una extensión en lugar de estar conectados al tablero de control de encendido automático principal.

Como conclusión general de este diagnóstico, se pudo evidenciar que los cubos no eran grabados como se requería (ver figura 6); en la mayoría de los ensayos los cubos no fueron marcados con el patrón de grabado predefinido; o la marcación se presentaba no uniforme en el lado respectivo. Esta situación generaba que, en el producto final, se leyeran con claridad algunos de sus caracteres.

En este diagnóstico se observaron debilidades en sus diferentes sistemas que no generaban confiabilidad en su funcionamiento como tal e impedían el desarrollo de una práctica de laboratorio. Como fortalezas, se encontró que la máquina estaba articulada al tablero de control principal, tenía componentes en buen estado que serían utilizados en el rediseño y una estructura principal a partir de la cual se realizaría el rediseño.

Otro aspecto importante en esta evaluación del estado de funcionamiento de la máquina es la pérdida de material que era utilizado para realizar el proceso de marcado, y los tiempos perdidos por interrupciones en el funcionamiento de la máquina. Esta evaluación se presentará más adelante y permitirán tener una base de comparación con los resultados obtenidos al rediseñar esta máquina.

Figura 6*Mala Calidad del Marcado o de los Cubos Pequeños*

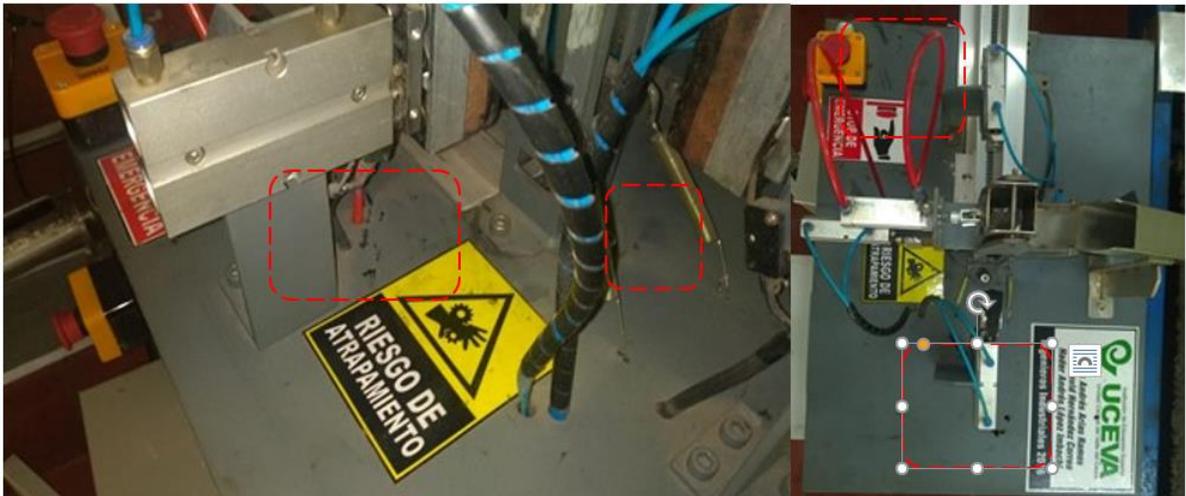
Fuente: Elaboracion Propia

Pérdida de materiales. Durante los ensayos realizados en el proceso de marcado de cubo de madera pequeño, se pudo evidenciar las pérdidas de material de dos insumos principales como es el caso de la tinta y los cubos de madera (ver figura 7). Para el caso de la tinta, la cual se aplica de forma manual no existe sistema de recuperación para la misma; el exceso de material aplicado reposa en la superficie metálica de la estación de trabajo, constituyendo una fuente de suciedad. La pérdida de madera utilizada en este proceso de marcado es considerable ya que el 70% de los cubos estampados no cumplían con los requerimientos de calidad y este material no se podía volver a reprocesar. De acuerdo a ensayos realizado en esta máquina durante de 1 hora, se utilizaron 100 cubos pequeños, de los cuales 70 no son legibles; 25 ligeramente legibles y 5 son legibles.

Para estos 100 cubos que se utilizaron en los ensayos iniciales, se utilizaron 5 listones de madera de 70 cm. El costo de este material fue de \$13500.

Figura 7

Pérdida de Material



Fuente : Elaboración Propia

13.1 Estudio de Tiempos del Proceso de Marcado de Cubo de Madera.

Para evaluar el funcionamiento de la estación de marcado de cubo, también se realizó una evaluación de los tiempos de proceso que permitiera identificar no solo el tiempo efectivo de trabajo, sino, los tiempos perdidos y las causas que lo generaban. Este análisis se convirtió en un insumo para el rediseño de la estación. Para ello, se realizó un estudio de tiempos que permitiera tener unos datos aproximados de estas variables. Durante estas mediciones se tuvieron diferentes dificultades ya que se presentaron paros no programados producidos en especial, por atascamientos del cubo desde la entrada al sistema por la banda transportadora que viene de la estación de corte y perforado; caídas de los cubos de la base en la que se depositan los cinco cubos que son subidos por una torre hasta un punto específico en los cuales son marcados a

presión por los cuatro troqueles; además, otros fallos que pararon el proceso y que generan en las mediciones del tiempo márgenes de error por las interrupciones y la presencia de la falla en algún momento; sin embargo se tomaron medidas para mejorar la medición de estos tiempos y disminuir el error en cada observación. A continuación, se mencionan algunas medidas que se tomaron para alcanzar este propósito:

1. El operario encargado de la máquina tiene la habilidad y el conocimiento requerido para el manejo y alimentación de la máquina.
2. El proceso en la estación de marcado está estandarizado.
3. Se mantuvo la estación en las mejores condiciones posibles, realizando ajustes y revisiones previas a la maquinaria.
4. Se adquirió suficiente materia prima (madera) para que no hubiera interrupciones por falta de esta.
5. Se utilizan las herramientas tecnológicas adecuadas, como el uso de cronómetros, tablas y hojas de registro para la recolección de la información.

13.1.1 Cálculo de tamaño de muestra para el estudio de tiempos.

Para este estudio se calculó el tamaño de muestra con el fin de validar estadísticamente el estudio. Para ello, se utilizó la fórmula que aparece a continuación; también, se tomaron inicialmente, 10 observaciones (n') como premuestra.; un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5%. Con base a esta información, el tamaño de la muestra es de 15 observaciones.

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Donde:

n = tamaño de muestra que se desea determinar

n' =número de observaciones del estudio preliminar

E =sumatoria de valores

X = valor de las observaciones

En la tabla 9 se presenta el registro de las mediciones realizadas en el proceso de marcado de cubo pequeño.

Tabla 9

Datos Preliminares Cronometrados (en segundos)

n	x	x²
1	98,42	2051,1841
2	110,51	3820,78516
3	98,34	1983,8116
4	98,53	2157,6025
5	109,06	3607,50391
6	98,49	2148,3225
7	98,05	2047,5625
8	105,27	3803,80563
9	98,52	2140,9129
10	120,01	3673,87516
11	98,47	2035,8144
12	98,57	2168,7649
13	108,31	3759,22266
14	98,51	2029,5025
15	98,59	2139,0625

Dato atípico

Del estudio preliminar realizado se evidencia que por motivos de fallas en el sistema alrededor del 33% de los datos se muestran atípicos, esto se debe a que, en el proceso de marcado de las 15 observaciones realizadas, 5 de ellas presentaron un incremento en el tiempo promedio por motivos de falla en el proceso.

Por tanto, se decidió discriminar los datos atípicos para reducir los errores que estos puedan producir en el estudio y se trabajará con los datos restantes mostrados en la tabla 10, Además, con esta información se determinará nuevamente el tamaño de muestra.

Tabla 10

Tiempos de Mercado Ajustados (en segundos/unidad)*

n	x	x²
1	98,42	9686,50
2	98,34	9670,76
3	98,53	9708,16
4	98,49	9700,28
5	98,05	9613,80
6	98,52	9706,19
7	98,47	9696,34
8	98,57	9716,04
9	98,51	9704,22
10	98,59	9719,99
Total	984,49	96922,28

e

Fuente. Los autores.

*una unidad corresponde a cinco cubos.

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{(10 * 96922.28) - (984.49)^2}}{(984.49)} \right)^2 = 3.63$$

De acuerdo a la fórmula presentada para **n**, el nuevo Tamaño de Muestra es de 3.63 observaciones (el cual se aproxima a 4). A pesar que este valor es menor que las observaciones realizadas, se opta por realizar nuevas mediciones que reafirmen el estudio realizado; por otra parte, se establece que cada uno de las mediciones cuenta con la misma valoración teniendo en cuenta que el mayor elemento presente en este proceso es automatizado y obedece a un tiempo del ciclo definido.

Tabla 11

Estudio de Tiempos “Estación de Mercado de Cubo de Madera”

Estudio de Tiempos elemento L					
Departamento: Planta manufactura laboratorio Geipro			Estudio núm.: 1		
			Hoja núm.: 1 de 1		
Operación: transporte			Término: 3:30 pm		
Estudio de métodos núm.: 1			Comienzo: 3:37:45 pm		
Instalación/Maquina: Núm.:1			Tiempo Transcurrido: 7 min y 45 seg		
Herramientas y Calibradores:			Operario:		
			Ficha Núm.: 001		
Producto/Pieza: cubo de madera Núm.: 1			Observado por: Andrés viveros, Julián Ramírez		
Plano Núm.: 1			Fecha: 21/04/2021		
Material: madera					
Calidad:			Comprobado:		
Descripción del elemento	C.	Observación	Descripción del elemento	C.	Observación
Cubo madera	98,45		Cubo madera	98,48	
Cubo madera	98,02		Cubo madera	155.06	Se detuvo la banda por desconexión de cable
Cubo madera	98,43		Cubo madera	118.54	Falla del sensor final de carrera
Cubo madera	98,04		Cubo madera	98,38	
Cubo madera	121..27	Falla del sensor final de carrera			
Cubo madera	98,23				
Cubo madera	98,22				
Cubo madera	98,23				
Cubo madera	98,34				
Cubo madera	98,8				
Cubo madera	98,25				
Cubo madera	98,23				
Cubo madera	98,38				
Cubo madera	98,28				
Cubo madera	117.25	Falla del sensor de decepción			
Cubo madera	98,38				
Cubo madera	98,38				
TPF	98,38				
Nota: C = Cronometraje. Observación = notación de interés					

Fuente: Elaboración Propia

13.1.2 Cálculo de Tiempo de Ciclo y Análisis de la Capacidad de Producción de

Marcado de Cubo de Madera Sin Rediseño

De acuerdo a los datos de la Tabla 11, el tiempo de marcado de cubos de madera es en promedio de 98.38 segundos para cada unidad⁶(vale la pena resaltar que para el promedio anterior fueron excluidos los datos que presentaron un incremento por fallas en el sistema, dado que de ser tenidos en cuenta incrementarían el tiempo de procesamiento en un 25% aproximadamente).

Además, la planta de manufactura está diseñada para paletizar un lote de 48 unidades, siendo esto un máximo de 48 cajas; situación que puede ser una base de trabajo para todas las estaciones de trabajo que la conforman. Entonces, para que la estación de trabajo de marcado, actualmente, pueda producir estas 48 unidades, con un tiempo promedio de fabricación de 98.38 segundos por unidad, se requieren 4722.24 segundos, o sea, 1.31 horas. Es de anotar que cada producto (juego didáctico) está compuesto por 5 cubos; el producto viene empacado en una caja de cartón con sus componentes; Las 48 unidades requieren 240 cubos.

Es importante tener en cuenta que estos tiempos van ligados a la estación que la antecede y la precede ya que, aunque se logre aumentar la producción de la estación de marcado si los tiempos en estas estaciones amigas no están alineados, mejora a implementar no representara beneficio alguno al tiempo de ciclo.

⁶ la unidad para el caso particular de la estación de trabajo está representada por 5 cubos de madera pequeños

14 Rediseño de la Estación de Trabajo de Marcado de Cubo de Madera.

Una vez identificadas las debilidades y fortalezas en los sistemas que conforman la estación de trabajo de marcado de cubo pequeño, se continuo con el Rediseño del sistema de estampado de cubos pequeños, fundamentado en las seis fases del proceso de desarrollo de productos propuesto por Roberth Jacobs, Richard Chase y Nicholas j Aquilano, en el libro Administración de Operaciones producción y cadenas de suministro Duodécima edición.

14.1 Fase de planeación

Una vez identificada la necesidad del rediseño del sistema de estampado de la estación de marcado de cubo, se procedió a investigar diferentes procesos de marcado en fuentes primarias y secundarias, con el propósito de identificar opciones viables de diseños que se adaptaran a restricciones en términos de costos, eficiencia, fiabilidad y disponibilidad. Además, se planearon actividades relacionadas con la exploración de información, posibles asesores del proyecto, tiempos de trabajo en la investigación, disponibilidad del laboratorio para realizar el trabajo; posibles insumos. En general, se planearon tareas que respondían a las preguntas qué, cuando, como, quién, dónde, con qué.

14.2 Fase de desarrollo del concepto

El punto de partida de esta fase es la información obtenida en el diagnóstico inicial en el cual se identificaron falencias en el proceso de marcado de cubos pequeños con el cual cuenta la planta de manufactura actualmente, el cual funciona por medio de la aplicación de tinta por parte de un operario, (aplicando presión sobre el contenedor de tinta) , teniendo como resultados que la labor se realice de manera poco eficiente, dado que la distribución de la tinta no se efectúa de forma homogénea sobre la cinta ubicada en los troqueles, y por consiguiente una transferencia no conforme de los patrones (marcados), sobre la madera, presenta derrames de tinta en la

estructura de la maquinaria dado que no se cuenta con un acople de recuperación de los excedentes de tintas para su posterior reutilización y de esta forma maximizar el aprovechamiento de los recursos. Frente a esta situación se pregunta, ¿Cómo surge?

Para la generación de posibles alternativas que dieran solución a las falencias identificadas en el funcionamiento de la máquina, el grupo investigador utilizó la metodología del brainstorming (lluvia de ideas), con la cual se pretendió generar ideas viables y factibles que dieran soluciones a estas problemáticas; en el desarrollo de esta metodología se tuvo en cuenta los requerimientos del líder del macroproyecto (cliente), las características de calidad del producto esperado por los usuarios (niños), supuestos y restricciones de tipo técnico y económico.

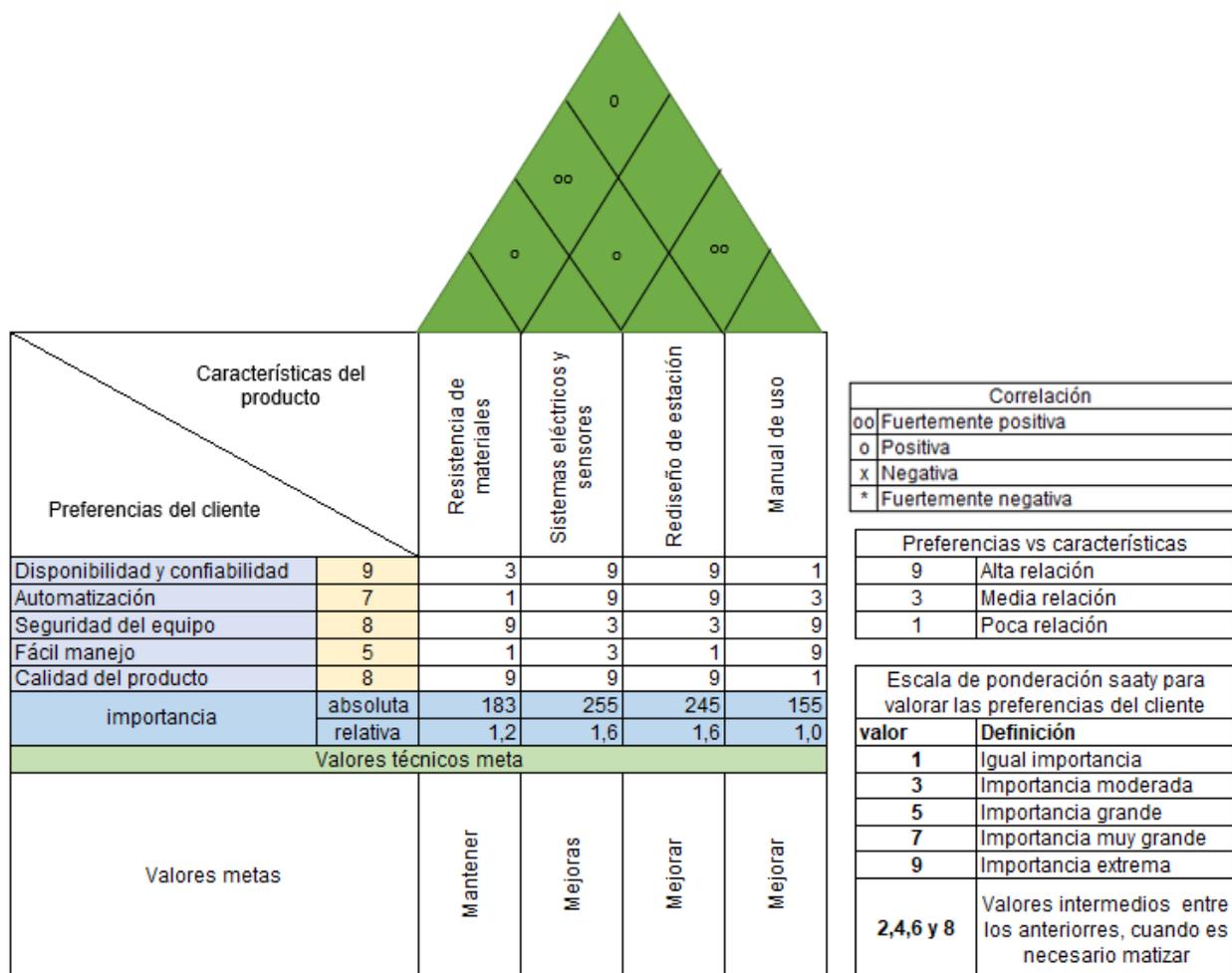
14.2.1 Diseño del pensamiento del cliente

Para el desarrollo de esta fase se propuso al docente líder del diseño de la planta de manufactura flexible, asumir el rol de cliente, que definiera los requerimientos del producto con las características de calidad deseadas que satisficieran las necesidades frente a la presentación y funcionalidad del producto y se tuvieran en cuenta en el rediseño de la estación de trabajo. En este caso, el estampado de las letras y números en los cuatro lados del cubo de madera fueran legibles, uniformes y ubicados simétricamente en cada cara.

Con la información suministrada por el docente se procedió a realizar, la matriz de calidad o casa de calidad tan como evidencia en la Figura 8.

Figura 8

Casa de Calidad para el Mercado de Cubos Pequeños



Fuente. Los autores

En esta casa de calidad se confrontan los requerimientos del cliente y las características que pueden contribuir para alcanzar estas necesidades. Los resultados de la casa de calidad, apoyan la consolidación de este proyecto, ya que se opta por tener en cuenta las oportunidades de mejoras perceptibles para el cliente, por lo que se decidió rediseñar la estación de estampado de cubo de madera pequeño, con equipos resistentes que generen un estampado en condiciones

deseables, se dé respuesta al objetivo del proyecto, y se articule adecuadamente en el funcionamiento de toda la planta de manufactura flexible.

14.2.2 Supuestos

Con el propósito de generar ideas de diseño para el mejoramiento del proceso de estampado, el grupo investigador realizó una serie de supuestos que se consideraron como posibles causas a la falta de calidad del producto procesado en esta máquina. Estos son:

- No se genera la suficiente fuerza de impacto para lograr la transferencia de los patrones.
- El tipo de madera utilizado no es el ideal para este tipo de procedimientos.
- La tinta proporcionada a los troqueles no presenta las características ideales.
- La solubilidad de la tinta no es la apropiada.

14.2.3 Restricciones

A continuación, se presentan las restricciones consideradas por el grupo investigador en este rediseño.

- Que el proceso se ejecute de manera autónoma
- No se generen desperdicios de material durante el proceso
- Economía en el nuevo diseño
- Que las modificaciones estructurales sean las mínimas
- Que la operación de la máquina se efectúe bajo condiciones seguras
- Disponibilidad de materiales
- Tiempos para la investigación

14.2.4 Lluvia de ideas

Aquí se plantearon siguientes ideas que podían contribuir a mejorar el proceso de marcado y así definir el mismo rediseño de la estación de trabajo. A continuación, se mencionan estas ideas.

- Calentar los troqueles para que la tinta se encuentre más líquida.
- Por medio de mangueras inyectar tinta a los troqueles cada vez que se vaya a realizar la operación.
- Ajustar un sistema de acopio para la reutilización de la tinta.
- Realizar el grabado por medio de calor.
- Aumentar la presión de aire en los troqueles
- Cambiar la tinta por una más funcional.

14.2.5 Depuración y consolidación de ideas

En esta fase se analizaron estas ideas, el impacto en la mejora, el costo posible y finalmente, se realizó la depuración de éstas, estableciendo como alternativas las siguientes:

La Implementación de un sistema de inyección de tinta continua, con acople para el acopio de los excesos de tinta y su posterior reutilización. (Alternativa A).

Implementación de un sistema de marcado por transferencia de calor (Alternativa B).

14.2.6 Características de las alternativas

Alternativa A: El troquelado por sistema de inyección de tinta continua, consiste en la implementación de un mecanismo compuesto principalmente de un conjunto de mangueras y un contenedor que permita el almacenamiento, distribución y recolección de la tinta utilizada para el proceso de marcado, el cual mantendrá a las cintas ubicadas en los troqueles impregnados de tinta

en periodos de tiempos determinados, generando que cuando se produce el impacto entre los troqueles y la madera genere un marcado conforme.

Alternativa B: El marcado por transferencia de calor, consiste principalmente, en el acople de resistencias a los troqueles del sistema de marcado. Estas resistencias generaran un nivel de temperatura a los mismos de tal manera que cuando se produzca el impacto del troquel sobre la madera se genere un grabado de conformidad.

14.2.7 Matriz de selección de alternativas

Para la matriz de selección de alternativas se utilizó la clasificación por puntos propuesta por Thomas L. Saaty, la cual define un grado de importación comparativo de los diferentes criterios evaluados. Para esta investigación, los criterios evaluados fueron:

Seguridad: Para este criterio se evolución entre las diferentes alternativas, el nivel de seguridad asociado a la operación del equipo, sin comprometer el funcionamiento de la estación, la seguridad de las personas y la integridad de las otras unidades (maquina) en la en la plata de manufactura flexibles.

Tiempo de implementación: se consideró el tiempo que tardase la implantación de las alternativas plateadas, tomado tiempo meta 2 meses una vez iniciados los trabajos sobre el equipo.

Disponibilidad de materiales: se evaluó la facilidad de consecución de los materiales y componentes necesarias para llevar a cabo el desarrollo de las a las alternativas propuestas,

Costo: Se evaluó el costo requerido para la implementación del proyecto en relaciona la capacidad o disposición de los investigadores.

Flexibilidad: en este criterio se evalúa el nivel de escalabilidad que tendrá, el rediseño una vez ejecutado y su aporte a la consecución de la flexibilidad integral de la planta de manufactura flexible.

Por tanto, la matriz propuesta para seleccionar la alternativa de rediseño se muestra en la tabla 12. Aquí se definieron los criterios a utilizar, la ponderación según la importancia en el desarrollo de este rediseño y la calificación en una escala de 1 a 10.

Tabla 12

Matriz de Selección de Alternativas

Peso	Criterio	Alternativas	
		A	B
15%	Seguridad	8	5
25%	Costo	5	8
25%	Disponibilidad de materiales en el mercado	7	5
20%	Tiempo de implementación	3	7
15%	Flexibilidad	3	5
100%		5,25	6,15

Fuente: Elaboración Propia

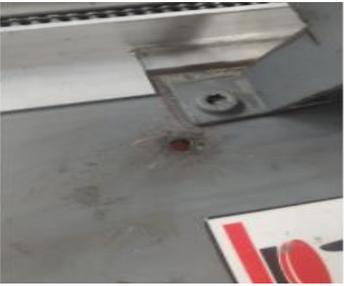
Por tanto, la matriz de selección indica que de la alternativa que más se ajusta a los criterios buscados corresponde a la opción B la cual se vuelve la base de trabajo para esta investigación y corresponde al rediseño implementación del sistema de marcado por transferencia de calor.

14.3 Fase de Diseño del sistema

Teniendo en cuenta la alternativa seleccionada (B), se realizó el diseño preliminar de las modificaciones necesarias en el sistema de marcado a partir del uso de un proceso por transferencia de calor. Posteriormente, se propuso la mejora a implementar por cada subsistema que conforma la estación de trabajo a partir del diagnóstico realizado inicialmente.

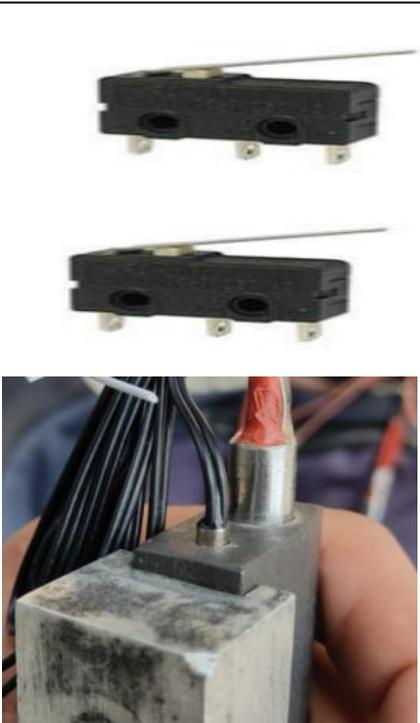
Aquí se intervinieron los subsistemas que componen la estación de trabajo tales como: sistema estructural, sistema eléctrico, sistema de detección, la lógica programada y sistema neumático. Estos ajustes técnicos permitieron obtener una estación de trabajo con un marcado adecuado de los cuatro lados del cubo pequeño y un tiempo de ciclo estable que permitirá que ésta se acople bien a la planta de manufactura y pueda utilizarse en las prácticas de laboratorio. En la tabla 13 se describen las modificaciones necesarias de acuerdo a la evaluación de su estado inicial.

Tabla 13*Acople de Elementos para el Rediseño*

Sistema	Modificaciones a realizar /componente acoplar	Antes	Después
Estructural	<ul style="list-style-type: none"> Se modificarán los troqueles utilizados para el estampado, con el propósito de acoplar una resistencia en cada troquel, de esta forma conseguir que se transfiera la temperatura al troquel y lograr el estampado en el material por transferencia de calor. Se realizará corte en la estructura para poder insertar el controlador de temperatura. Se realizarán perforaciones en la base de la mesa para así facilitar el paso de cableado eléctrico 	  	  

Sistema	Modificaciones a realizar /componente acoplar	Antes	Después
Sistema eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Se realizará el acople de 4 resistencias de 250 watts, que permiten alcanzar valores por encima de los 200°C. Se implementará un controlador de temperatura, que permitirá ajustar la misma permitiendo mayor grado de flexibilidad al proceso, el cual presenta un rango de medición de 0 a 400°C. Se añadieron un total de 3 interruptores para proteger el nuevo sistema eléctrico añadido Se eliminará la extensión utilizada para dar energía a la estación la cual pasaba por la mitad de la planta y se implementó el nuevo cableado para un encendido directo el cual de libero a lo largo de la estructura en la que está todo el cableado de la planta para evitar riesgos de caídas o 	   	   

Sistema	Modificaciones a realizar /componente acoplar	Antes	Después
	<p data-bbox="464 269 905 410">de apagado de la máquina por tropezones con la extensión y que visualmente se vea mejor.</p> <ul data-bbox="422 492 905 686" style="list-style-type: none"><li data-bbox="422 492 905 686">• Se utilizará el cableado requerido para conectar las resistencias y el sensor al controlador de temperatura.	 A photograph showing a messy arrangement of electrical wires (blue, red, black) connected to a control panel. A yellow warning sign with a lightning bolt symbol and the text 'RIESGO DE ELECTRICIDAD' is visible in the lower-left corner.	 A photograph showing the same electrical setup after modification. The wires are now neatly bundled and organized, with a clear path from the control panel to the components. The yellow warning sign is still visible in the lower-right corner.

Sistema	Modificaciones a realizar /componente acoplar	Antes	Después
Sistema de detección	<ul style="list-style-type: none"> • Se cambiarán los finales de carrera dado que estos funcionan actualmente de forma intermitente. • Se implementará un nuevo sensor de temperatura el cual permitirá la visualización y el control del estado de la temperatura en los troqueles. 		
Programación	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizaron ajustes en el cableado que intervienen en la programación del equipo, dado que presentaba un funcionamiento discontinuo con falta de secuencia en sus órdenes lógicas. 	X	X

Sistema	Modificaciones a realizar /componente acoplar	Antes	Después
Sistema neumático	<ul style="list-style-type: none"> Se efectuaron ajustes y cambio de componente como mangueras, uniones, tornillos, entre otros. Con el propósito de potencializar la maquina con la eliminación de fuga de presión presentes en la estación de trabajo. 	X	X

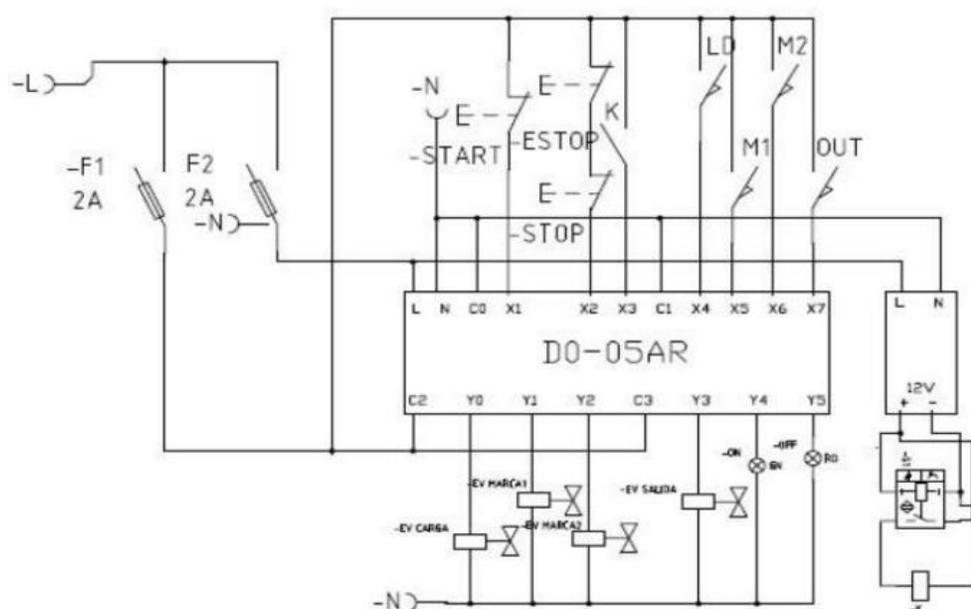
Fuente: Elaboración Propia

14.4 Fase de Diseño detallado

En las figuras 9, 10 11 y 12 se presentan los planos de las modificaciones que tuvieron lugar en la estación de marcado de cubo pequeño las cuales permitieron el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Figura 9

Plano De Control Electrónico “Programa de Control de la Estación de Marcado de Cubo Pequeño”



Fuente: Carlos Andres Arias Ramos Egresado De La Faculta De Ingeniería

Se cuenta con una variable denominada arranque (C0), esta se encarga de indicar que se ha presionado el start o el stop.

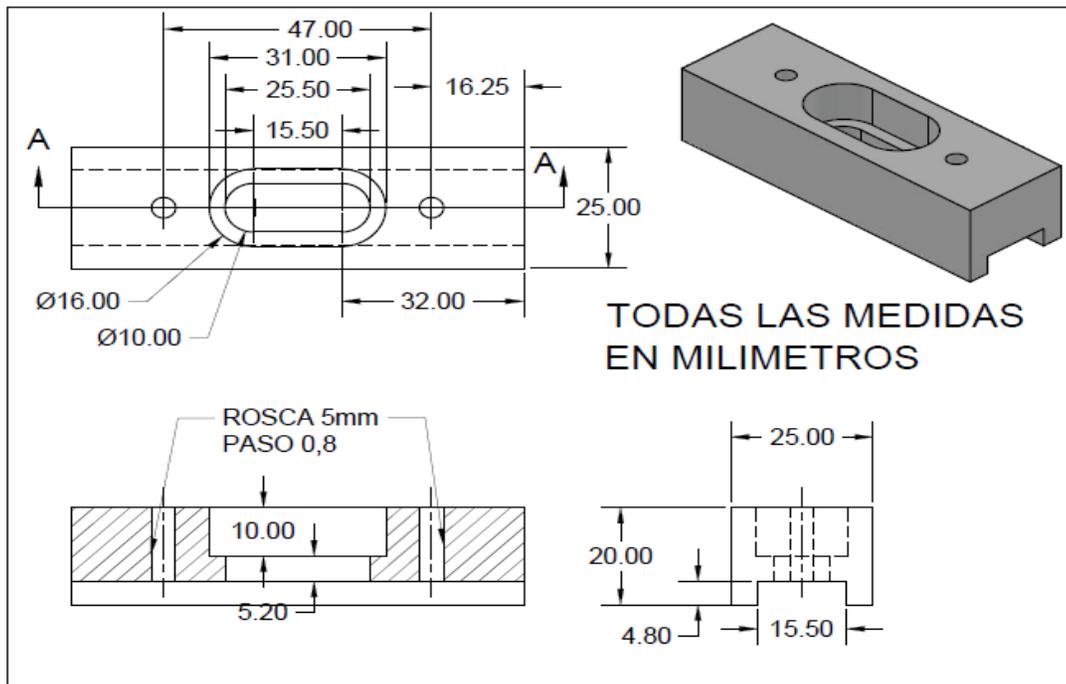
El contador (CT1) es el encargado de contar el paso de cada cubo y activa un temporizador T0 el cual toma el tiempo que se demora en llegar el cubo del sensor al pistón que lo carga, el contador T1 es el encargado de mantener el pistón de carga arriba por el tiempo estipulado.

adicionales mentes se cuentan con un contador inicial (CT0), el cual se encarga de indicar cuando la maquina completo los 5 cubos necesarios para realizar el marcado. Con el contador CT0 activado se activan 2 temporizadores, los cuales son: T2 encargado de dar el tiempo de activación de los pistones en los cuales reposan los troqueles, y T3, temporizador encargado de desactivar T2 para que los pintones retomen la posesión cero y denotar la salida de los cubos del sistema. Con el contador que indica la carga inicial activado, se activa también CT2 el cual nos va a contar 5 bloques y activar los pistones. el proceso se repite hasta que se pulse el stop.

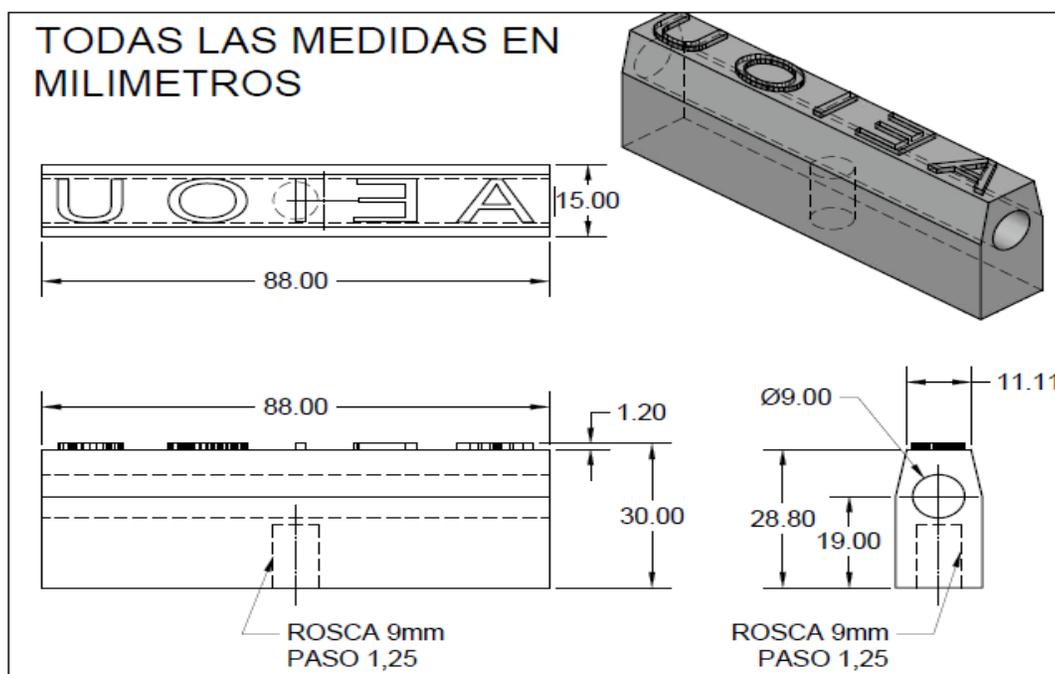
14.4.1 Plano de diseño del troquel

Figura 10

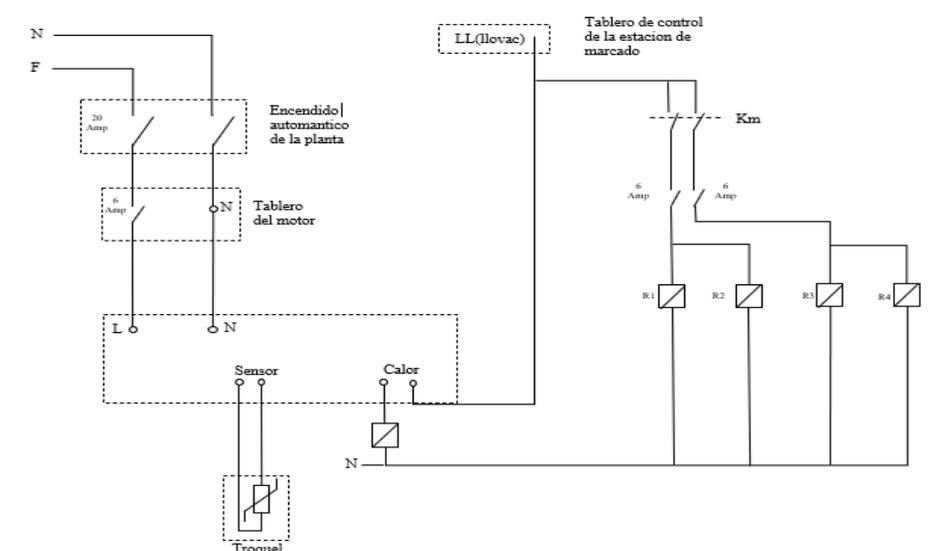
Matriz del Troquel



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11*Punzón del Troquel*

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12*Esquema Eléctrico del Nuevo Sistema de Marcado*

Fuente: Elaboración propia

14.5 Fase de prueba y afinamiento

Una vez ejecutado el rediseño en la estación de trabajo, se procedió a verificar su funcionamiento y el proceso de marcado de acuerdo a los requerimientos dados. De igual manera, se tuvo como propósito realizar los ajustes finales si fuese, con el fin de garantizar el cumplimiento del objetivo general del proyecto. Para esta verificación se realizó un análisis con 10 observaciones en el proceso de marcado; el tamaño de esta muestra y los resultados se presentan en la tabla 13.

también, en esta validación se observó el comportamiento de las variables objeto de interés, entre las cuales se tiene: calidad del marcado, alineación del mercado y tiempo de procesamiento. Con relación al funcionamiento de las variables de interés, los resultados obtenidos se registran en la Tabla 14.

Tabla 14

Cronometrados en el Proceso de Marcado de Cubo Pequeño con el Rediseño

n	x	x²
1	95,48	9116,43
2	95,39	9099,25
3	95,37	9095,44
4	95,25	9072,56
5	95,06	9036,40
6	95,46	9112,61
7	95,27	9076,37
8	95,07	9038,30
9	95,11	9045,91
10	95,48	9116,43
Total	952,94	90809,72

Con los tiempos presentados en la tabla 14 se procede a calcular el tamaño de muestra del proceso una vez aplicados los ajustes pertinentes

$$n = \left(\frac{40\sqrt{(10*90809.72)-(952.94)^2}}{(952.94)} \right)^2 = 4.25$$

Puesto que el número de observaciones n' es superior al número de observaciones requeridas se opta por estimar el tiempo de proceso con las observaciones preliminares

Tabla 15*Estudio de Tiempos: “Cubo de Madera Pequeños con el Rediseño”*

Estudio de Tiempos elemento L					
Departamento: Planta de Manufactura-laboratorio Geipro			Estudio núm.: 2		
			Hoja núm.: 2 de 2		
Operación: transporte			Término: 5:15 pm		
Estudio de métodos núm.: 2			Comienzo: 5:22:34 pm		
Instalación/Maquina: Núm.:2			Tiempo Transcurrido: 7 min y 34 seg		
Herramientas y Calibradores:			Operario:		
			Ficha Núm.: 002		
Producto/Pieza: cubo de madera Núm.: 1			Observado por: Andrés viveros, Julián Ramírez		
Plano Núm.: 1 Material: madera			Fecha: 10/07/2021		
Calidad: marcado adecuado			Comprobado:		
Descripción del elemento	C.	Observación	Descripción del elemento	C.	Observación
Cubo madera	95,48				
Cubo madera	95,39				
Cubo madera	95,37				
Cubo madera	95,25				
Cubo madera	95,06				
Cubo madera	95,46				
Cubo madera	95,27				
Cubo madera	95,07				
Cubo madera	95,11				
Cubo madera	95,48				
TPF	95,29				
Nota: C = Cronometraje. Observación = nota de interés					

Fuente. Los autores.

De acuerdo a los datos de la Tabla 15, el tiempo promedio de marcado de cubos de madera después de realizado el rediseño es de 95,29 segundos por unidad⁷. De acuerdo a este valor, la capacidad de producción por hora es de 37.78 unidades.

Teniendo en cuenta la capacidad del proceso de paletizado (48 cajas), el cual forma parte de la planta de manufactura, en la estación de marcado se deben marcar la cantidad de cubos necesarios para cumplir con este objetivo de producción. Es de anotar que cada caja contiene un juguete el cual está compuesto por 5 cubos pequeños. Por tanto, para marcar estos 240 cubos (48*5) se requiere un tiempo promedio de 1.27 horas.

Por tanto, se logra evidenciar la disminución en el tiempo promedio de producir una unidad con el rediseño, esto comparado al tiempo promedio de producir una unidad con respecto a la situación inicial en las que fue encontrada la planta, mostrando así que con la realización de este proyecto además de mejorar el funcionamiento de la estación de marcado también se logra que esta produzca la misma cantidad de cubos, pero en menor tiempo, dando a entender que produce en un 3.14% más rápido.

Adicional al estudio de tiempos con cronometro se realizó un análisis por medio de la inspección de algunas variables objetos de estudio del presente proyecto las cuales evidencia el cumplimiento de los objetivos del proyecto. En la tabla 16 se presentan los resultados asociados a las variables de control.

⁷ la unidad para el caso particular de la estación de trabajo está representada por 5 cubos de madera pequeños

Tabla 16*Resultados de Variables de Control*

Variables	Observación
Calidad del marcado	Se evidencia el pleno cumplimiento de la calidad con respecto al grabado de los patrones en la madera, lo cual se empieza a evidenciar el marcado de los mismos a partir de 150 °C, temperatura que se deberá ajustar dependiendo el tipo de madera a utilizar. Ver figura 13
Alineación del marcado	Se logra dar la alineación necesaria del marcado por medio del ajuste de posición de los punzones con respeto la pasión de marcado. Es decir, las letras y números marcados están distribuidos adecuadamente en los cuatro bordes de cada lado del cubo quedaron centrados adecuadamente.
Tiempo de proceso	Se evidencia una mejora en el tiempo promedio de proceso por unidad, de 3,09 segundos
Funcionamiento de la máquina	Se mejora el funcionamiento de la máquina y de sus componentes.
Pérdida de materiales	Con el rediseño implementado se elimina la pérdida de material principalmente, madera, la cual se desperdiciaba porque no se marcaban adecuadamente las letras y números programados; también, se perdía material en la tinta que se aplica a la cinta que se utilizaba en el mecanismo de marcado.

Fuente. Elaboración Propia

Figura 13*Marcado de Cubo de Madera*

Fuente: Elaboracion Propia

Entre otras variables analizadas se encontró que el tamaño de los cubos madera utilizados en este proceso y las dimensiones del área de la torre de marcado tienen mucha diferencia que genera movimientos en la posición de los cubos bien sea durante el desplazamiento por la torre y/o por el golpe del troquel cuando son marcados. Esta diferencia en las dimensiones es la siguiente: torre de marcado, 3.7x3.7x15 cm (largo*ancho*alto); cubos de madera, 3.0x3.0x1.5 cm (largo*ancho*alto). En la figura 14 se muestra esta situación.

Para dar solución a esta problemática se sugiere cambiar la medida de los cubos por uno con especificaciones 3.5x3.5x2 cm (largo*ancho*alto) y la madera que se pretenda utilizar en el proceso se encuentre totalmente seca. Se recomienda utilizar chopo, ébano blanco o pino cepillado.

Figura 14

Desalineación Entre Torre de Mercado Tobogán de Salida



Fuentes: Elaboración Propia

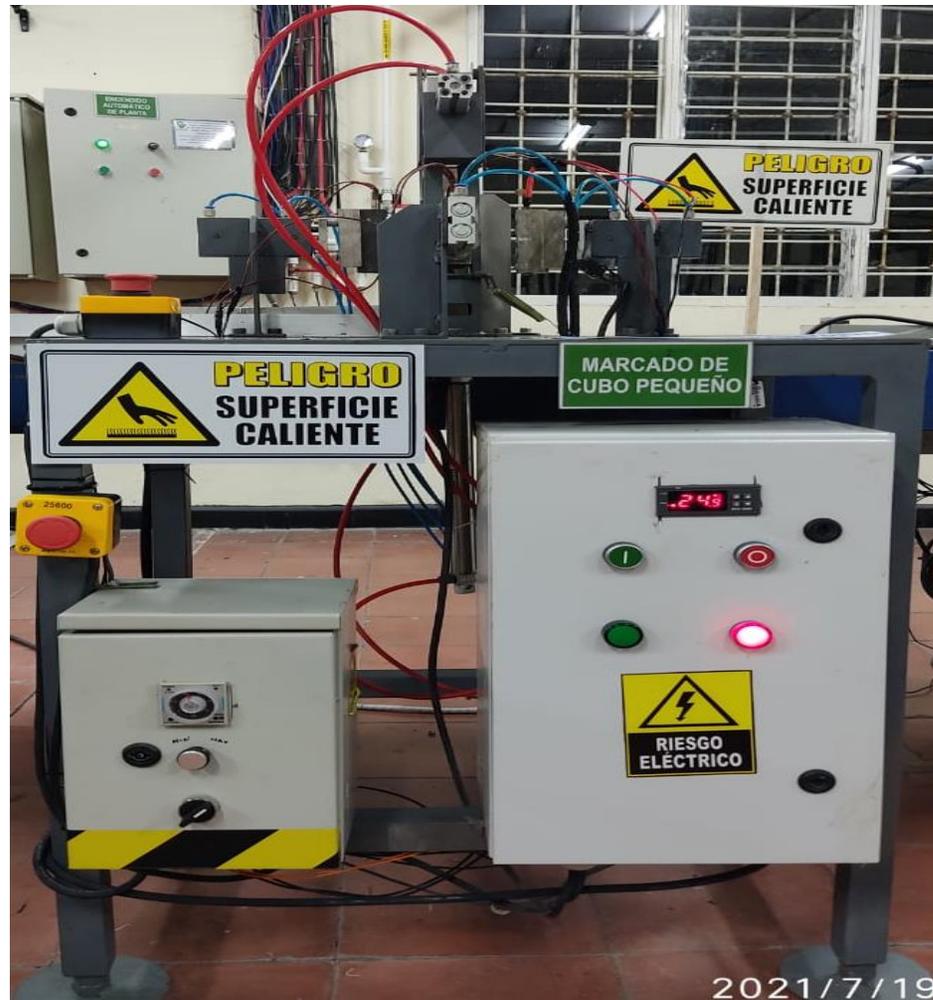
Fase de producción de transición

Dado el carácter del presente proyecto, que consiste en el rediseño de la estación de trabajo, para fines académicos, esta fase se obvia. El alcance del presente proyecto se define solo para el rediseño y el funcionamiento correcto de la estación de trabajo.

En la figura 15 se evidencia el estado final de la estación de marcado de cubo pequeño una vez ejecutado el rediseño.

Figura 15

Estación de Marcado Rediseñada



Fuentes Elaboracion Propia

15 Articulación de la Estación con la Planta de Manufactura Flexible

Otro aspecto que contempló este proyecto de investigación fue la evaluación del tiempo del ciclo de la planta de manufactura incluyendo en sus procesos, la estación de marcado del cubo pequeño. Con esta información del tiempo del ciclo de la planta, se puede programar más fácilmente las prácticas de laboratorio teniendo en cuenta su duración aproximada, cantidad de unidades a producir, capacidad de producción y requerimientos de materiales, entre otros.

Para ello, era necesario incluir en este proceso todas las estaciones de trabajo; pero como la planta de manufactura no se encontraba en condiciones adecuadas de funcionamiento que permitieran realizar estos análisis de todo el proceso productivo, fue necesario realizar **simulaciones**. Los datos generados en esta simulación serán utilizados para contrastar los tiempos reales en el momento que este en operación toda la planta. De igual manera, evaluar el impacto del tiempo de proceso de marcado de cubo grande, en el tiempo del ciclo de la planta cuando esté funcionando totalmente. Además, el análisis del tiempo del ciclo de la planta de manufactura se realizó por medio de la simulación de eventos discretos, con la ayuda del programa Arena en su versión 16.1, y el lenguaje de programación de Siman; con esta simulación se definen lógicas relacionadas con el proceso real de planta de manufactura flexible.

Para hacer efectiva la articulación de la planta de manufactura y ejecutar de principio a fin la simulación en el programa computacional, se deben realizar tres procesos los cuales se describen en la tabla 17.

Tabla 17*Componentes de un Modelo de Simulación en Arenas*

Experimento	Es aquel que contiene las condiciones experimentales. Se definen las variables, atributos, recursos, filas y otros elementos que componen la simulación.
Modelo	Es la representación de un grupo de objetos o ideas en una forma diferente a la entidad misma es decir aquel que contiene las instrucciones ejecutables (la lógica).
Animación	La animación es el método de crear una ilusión de cualquier movimiento mediante el uso de imágenes y visualizaciones de movimiento.

Fuentes: Elaboración Propia

Adicionalmente, se realizaron análisis con herramientas propias del programa computacional, con es el caso de los Input Analyzer, por medio del cual se generaron la distribución de tiempo entre llegada y procesamiento, con el propósito de generar compatibilidad con el lenguaje de programación de SIMAN. Los datos necesarios para la estimación de los tiempos entre llegadas y proceso fueron suministrados por el grupo de estudiantes que están rediseñando la estación de trabajo de paletizado, dado que para fecha en que se comienza la intervención del presente proyecto la planta ya se encontraba en proceso de reparación la cual se presenta en la carpeta, anexo 1, simulaciones de la planta de manufactura.

Es de anotar que la abstracción aquí presentada en este proceso de simulación tiene un grado de error (no es el 100% exacto respecto a los procesos de la planta de manufactura flexible), debido a las limitantes de recursos del programa Arenas en su versión estudiantil.

15.1 Montaje de la Simulación

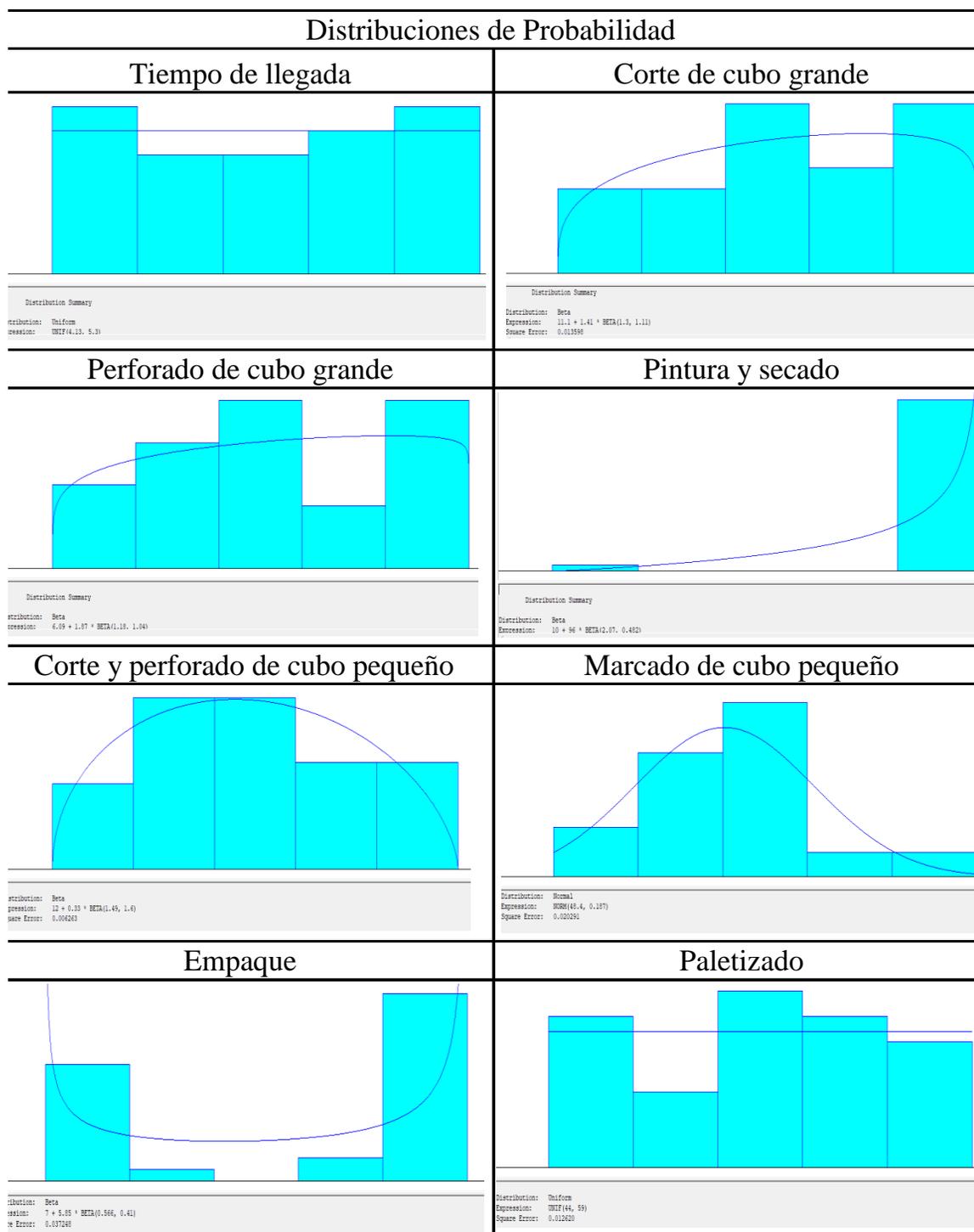
Se da inicio al montaje de la simulación siguiendo el orden que se tipifica en la Tabla 16. ya que de esta forma se evita cometer error en la digitación, a los cuales el programa computacional es muy sensible. Simultáneamente se realiza el análisis de los inputs para generar las distribuciones de probabilidad.

Los gráficos presentados en la Tabla 18 corresponden a los tiempos de llegada de un listón de madera a las estaciones de “Corte de cubo grande” y “Corte y perforado de cubo pequeño”; también se representan los tiempos de proceso de las estaciones: Corte de cubo grande, Perforado de cubo grande, Pintura y secado, Corte y perforado de cubo pequeño, Marcado de cubo pequeño y Empaque.

Es importante mencionar que, las estaciones Entrada y Salida se tienen en cuenta con el propósito de mejorar la lógica de la simulación, y no corresponden a estaciones de trabajo que forman parte de la planta de manufactura. De igual manera, vale la pena precisar que las distribuciones de probabilidad se encuentran ajustadas para que generen el mismo error admisible.

Tabla 18

Distribuciones de Probabilidad

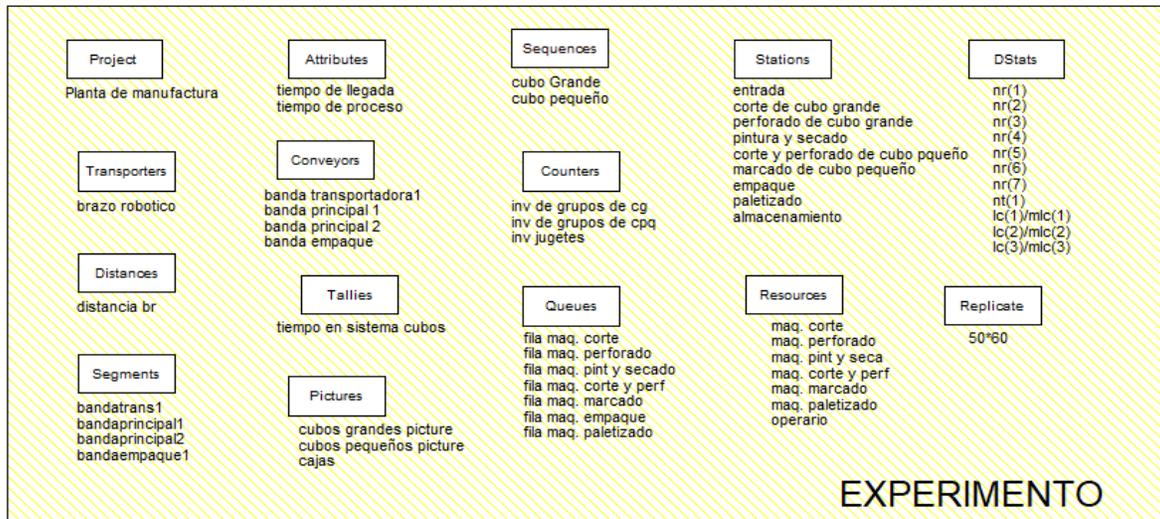


Fuente: Elaboración Propia

Experimento. En la figura 16 se define el experimento requerido para la simulación del proceso en la planta de manufactura flexible.

Figura 16

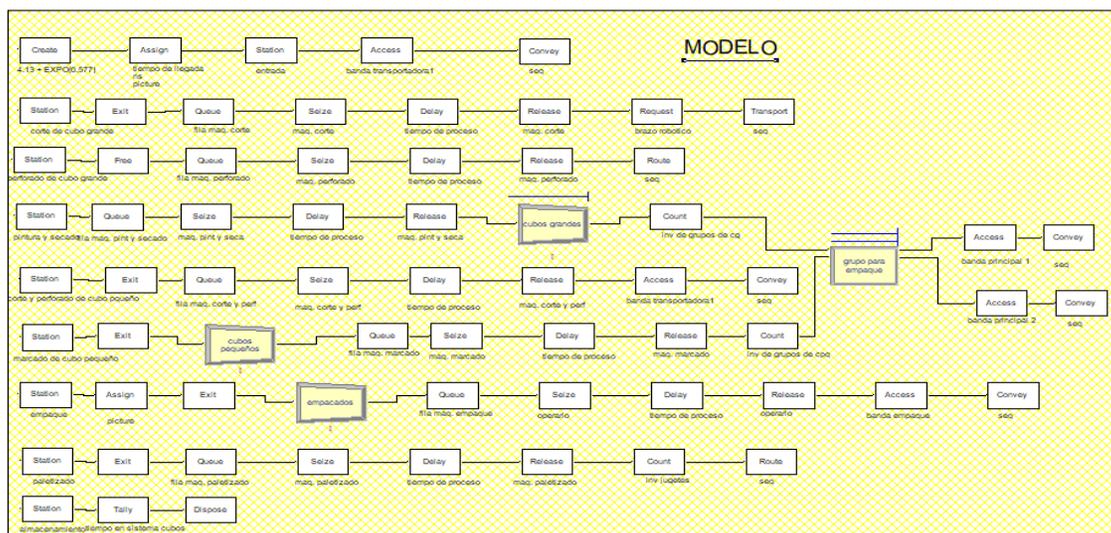
Experimento de la Simulación



Modelo. En la figura 17 se define el modelo requerido para la simulación del proceso en la planta de manufactura flexible.

Figura 17

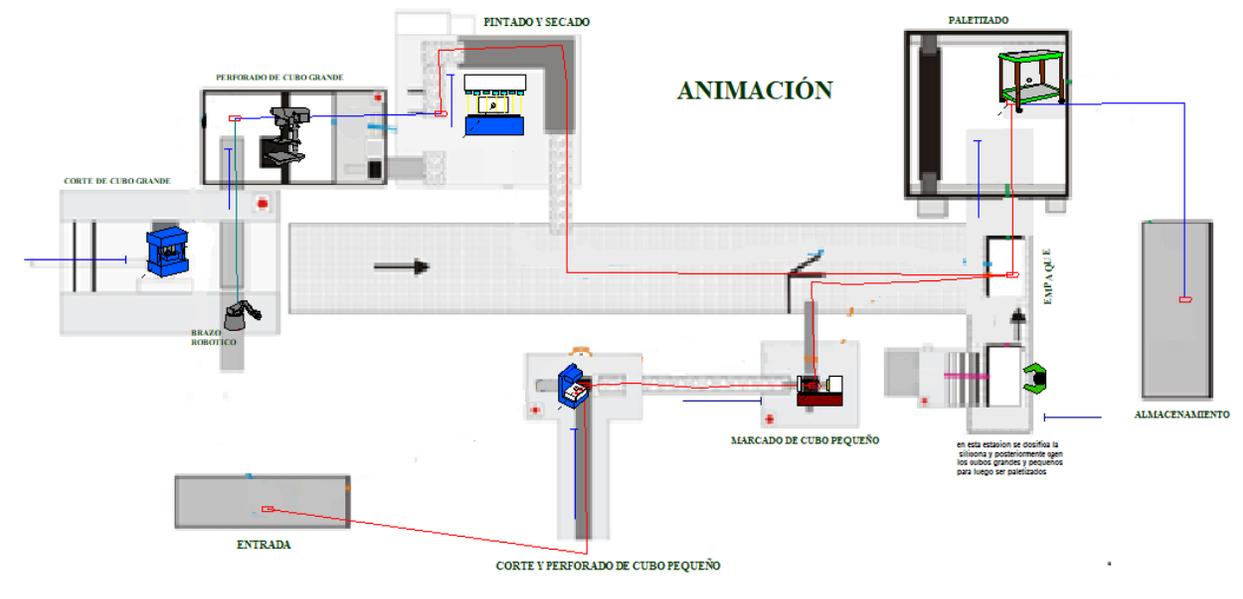
Modelos de la Simulación



Animación. Uno de los resultados de este análisis de la simulación es la animación obtenida que muestra el esquema de la planta de manufactura tal como se aprecia en la figura 18.

Figura 18

Animación de la Simulación



15.2 Análisis de Capacidad de Producción de La Planta de Manufactura en Condiciones Actuales (Sin Rediseño)

Una vez realizado el Montaje de la simulación de la planta de manufactura flexible por medio del programa computacional Arena, se procedió a realizar un análisis de la capacidad de producción con las condiciones actuales de funcionalidad, a partir de la integración del conjunto de las estaciones de trabajo que la conforman. En esta simulación se incorporó el tiempo promedio de marcado con el estado actual de la estación de marcado que fue de 98.38 segundos por unidad (1 unidad corresponde a cinco cubos marcados).

En la Tabla 19 se evidencia el resume del informe generado por Siman el cual corresponde a la ejecución de la simulación para 15 réplicas a partir de las cuales se pudo estimar un tiempo

promedio de procesamiento del 1494.10 segundos o 24.90 minutos por unidad de producción (caja con 1 juego didáctico). De igual manera, con esta simulación se estimó la capacidad de producción para el proceso de cubo grande y cubo pequeño con capacidades promedio de 30 y 17 unidades producidas. Para estas cantidades corresponden 60 y 85 cubos respectivamente.

Tabla 19

Resumen de Informe de Siman⁸

Replicas	Tiempo en Sistema			Cantidad de grupos de cubos grandes	Cantidad de grupos de cubos pequeños	Juguetes
	Promedio	Mínimo	Máximo			
1	1573,7	361,35	2823,2	32	17	17
2	160,3	313,11	2962	32	17	17
3	1693,1	325,33	2994,2	27	19	19
4	1607	351,32	2937,3	29	18	18
5	1525,8	351,45	2678,6	34	16	16
6	1514,1	320,89	2713	31	17	17
7	1742,3	332,16	3081,4	26	19	19
8	1464,3	365,5	2600,5	35	15	15
9	1492,6	391,02	2640,3	30	17	17
10	1601,6	379,3	2869,7	31	17	17
11	1592,6	378,89	2785,6	32	17	17
12	1647,7	342,51	3006,3	28	18	18
13	1635,9	307,84	2968,9	28	18	18
14	1645,7	359,1	2939,3	31	17	17
15	1514,9	365,52	2703,9	30	17	17
Promedio	1494,1067	349,686	2846,95	30,4	17,2666667	17,2666667
Minutos	24,901778	5,8281	47,4491			

Fuente: Elaboración Propia

⁸ Para el resumen que se presenta en la Tabla 18 la simulación se realizó estableciendo el límite máximo de entidades permitidas en ARENA (150 entidades cubos), pero preservando la aleatoriedad de los cubos entrantes al sistema.

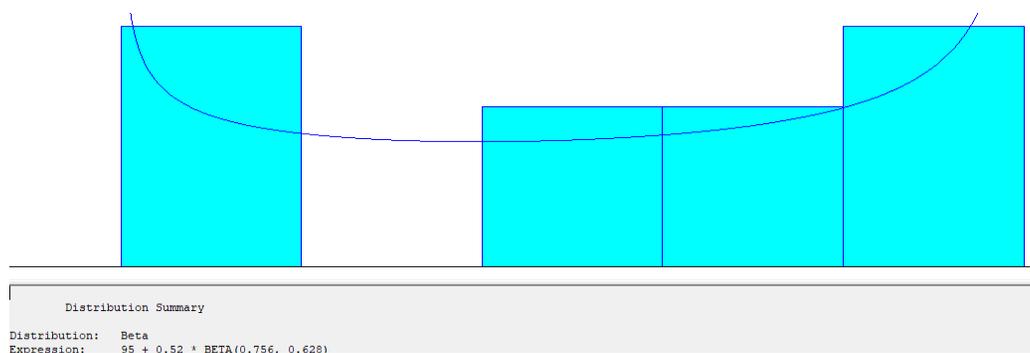
15.3 Análisis de Capacidad de Producción con la Estación de Trabajo Rediseñada.

Otro aspecto que se contempló en este proyecto fue la simulación de la capacidad de producción de la planta de manufactura flexible incorporando el tiempo mejorado obtenido en el rediseño de la estación de trabajo de marcado de cubo pequeño que corresponde a 95.29 segundos por unidad.

Comparando los tiempos de proceso de marcado de la estación de cubo pequeño antes y después de la etapa de rediseño se encontró que se tenía una mejora en el tiempo de proceso de 3.06 segundos por unidad (1 unidad corresponde a la marcada de 5 cubos); frente a esta diferencia de tiempos, se decide realizar el análisis con la simulación para identificar el posible impacto de la disminución del tiempo de proceso de la estación de trabajo de marcado sobre el tiempo de ciclo de la planta de manufactura, para lo cual se efectúa el análisis de los datos que se muestran en la tabla 14, con ayuda del Input Analyzer y se estima la nueva distribución de probabilidad la cual se presenta en la Figura 19 Una vez que se determina la distribución de probabilidad, se ejecutó la simulación durante 15 réplicas, teniendo en cuenta la restricción por el total de entidades permitidas por el programa computacional en su versión estudiantil (en este caso es de 150 entidades). En la Tabla 19 se presenta el resumen de los datos obtenidos.

Figura 19

Distribución de Probabilidad de la Estación Rediseñada



Fuente: Elaboración Propia y

Tabla 20*Resumen Del Informe De Siman Con En Nuevo Tiempo De Proceso*

Replicas	Tiempo en Sistema			Cantidad de grupos de cubos grandes	Cantidad de grupos de cubos pequeños	Juguetes
	Promedio	Mínimo	Máximo			
1	1587,7	354,89	2857,6	29	18	18
2	1451,5	373,32	2908,6	27	19	19
3	1558,2	306,14	2820,6	26	19	19
4	1549,5	346,32	2777,7	30	17	17
5	1349,1	346,21	2985,1	32	17	17
6	1411	298,23	2547,1	35	16	16
7	1540,7	384,47	2982,4	27	19	19
8	1519,1	372,36	3037	30	18	18
9	1538,2	352,41	2688,6	33	16	16
10	1438,6	317,2	2523,4	36	15	15
11	1504,1	381,2	2627,1	30	17	17
12	1520,1	320,52	2890	30	18	18
13	1388,8	334,92	2957,5	28	18	18
14	1561,1	376,18	2657,8	30	17	17
15	1488,8	359,05	2547,3	33	16	16
Promedio	1493,77	348,228	2787,18667	30,4	17,33333333	17,33333333
Minutos	24,8961	5,8038	46,4531111			

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a este nuevo informe generado por Siman, se estima que el tiempo promedio de procesamiento de una unidad en todo el proceso de la planta de manufactura, es de 24.896 minutos. Este resultado comparado con el resultado anterior (24.902 segundos, sin el rediseño en la estación de trabajo de marcado de cubo pequeño), no evidencia una diferencia significativa (0.006 segundos). Este hecho permitió concluir que no se generó un impacto positivo en cuanto a la producción de los sistemas formados por los procesos de cubo grande y cubo pequeño.

16 Análisis Económico de la Propuesta

A continuación, se realiza el análisis económico derivado del rediseño e implementación

De la estación de trabajo de marcado de cubo grande. Para este análisis se definieron tres grupos de información referentes a las inversiones del proyecto, los beneficios económicos y los costos de operación en los cuales se incurre para tener funcionando adecuadamente la estación de trabajo. Posteriormente, se proyectaron los beneficios y costos para un periodo de cuatro semestres, esperando que aquí se recupere la inversión realizada para el mejoramiento de la estación. Finalmente, se determinó el flujo de efectivo y el indicador beneficio costo para tener un criterio desde lo económico sobre la inversión en ese proyecto. Desde luego, que aquí prima el interés por el impacto en los procesos de Enseñanza Aprendizaje, más que en la rentabilidad de la inversión.

16.1 Inversiones

En la tabla (21) se presentan los costos que corresponden a la inversión inicial y que fueron necesarios incurrir para el rediseño de la estación de trabajo de marcado.

Tabla 21

Inversiones inicial de rediseño

Descripción de la Inversión	Inversión
Desarrollo del proyecto (Tabla 5)	\$ 200.000
Componentes para la máquina (eléctricos, electrónicos, etc)	\$ 1.235.600
Modificaciones estructurales	\$ 235.000
Asesor del proyecto	\$ 300.000
Total	\$ 1.970.600

16.2 Costo de mantenimiento y operación

En las Tablas (22 y 23) se presentan los costos necesarios para la operación y el mantenimiento de la estación de marcado de cubo pequeño. En el cuadro 21 se estimaron los costos por práctica de laboratorio, y en el cuadro 22, se presentan los costos totales de operación teniendo en cuenta la cantidad de prácticas por asignatura y por semestre; también, la proyección para el periodo de evaluación.

Los primeros costos serán periódicos y están condicionados al desarrollo de las prácticas de laboratorio, y los segundos serán cíclicos y se realizarán para asegurar el funcionamiento adecuado de la estación.

Los costos de operación de la estación de trabajo están representados por los consumos de energía derivados de la iluminación en el área de trabajo de la estación de trabajo, el uso de algunos componentes de los equipos; y el material utilizado. Estos consumos fueron estimados para un periodo de tiempo de 2 horas, el cual es el tiempo promedio para realizar prácticas de laboratorio, según lo sugerido en la guía práctica propuesta en el anexo 1. Estas prácticas se proyectaron para ser realizadas en una etapa inicial en asignaturas del área de producción como: procesos industriales, métodos y tiempos; producción I, II y III, y control de calidad; se planea que en cada una de estas asignaturas se realicen por lo menos dos prácticas por semestre, para un total de las 12 prácticas por semestre. Además, en esta primera fase del proyecto se propone realizar prácticas en estos cursos; en una segunda fase se propone desarrollar estas prácticas en otros cursos de ingeniería industrial y de ingeniería electrónica; y finalmente, en capacitaciones a trabajadores de algunas empresas de la región.

Tabla 22*Costos de Operación de la Estación de Trabajo*

Costos De Operación								Costo kwh	
								585,54	
N	ítem	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Consumo unitario	Costo unitario (\$)	Consumo total	Tiempo trabajo (horas)	Costo total / práctica (\$)
1	Materiales	Listón De Madera	cm	11		2.700	0	2	29700
2	Energía	PLC*	kwh	1	0,002	1,17	0,002	2	2,34
		Sensor de	kwh	2	0,0008	0,47	0,0016	2	1,87
		Botones	kwh	2	0,0005	0,29	0,001	2	1,17
		Regleta	kwh	1	0,0005	0,29	0,0005	2	0,59
		Resistencias	kwh	4	0,2	117,11	0,8	2	936,86
3	Iluminación	Lámparas Led	kwh	6	0,036	21,08	0,216	2	252,95
Total (\$)									30.895,8

Fuente: Elaboración Propia

*Estos consumos energéticos fueron tomados de la información del componente y suministrado por el proveedor.

Tabla 23*Costos de Operación y Mantenimiento por Semestre*

Costos	Semestres			
	1	2	3	4
Costo de operación (\$)				
Materiales	356.400	356.400	356.400	356.400
Energía	11.314	11.314	11.314	11.314
Iluminación	3.035	3.035	3.035	3.035
Sub total	370.749	370.749	370.749	370.749
Costos de mantenimiento (\$)				
Mantenimiento	70.000	70.000	70.000	70.000
Repuestos		64.000		64.000
Sub total	70.000	134.000	70.000	134.000
Total (\$)	440.749	504.749	440.749	504.749

Fuente: Elaboración Propia

16.3 Beneficios del proyecto.

Los beneficios del presente proyecto están representados por la reducción de los costos de conversión⁹ (ahorros), dado que, bajo las condiciones iniciales, el equipo presentó un 33% de fallas tales como: mal funcionamiento de sistema de expulsión de cubos, desincronización en lo tiempo de operación de los cilindros troqueladoras, fallo de los sensores entre otros lo que provocado un incremento del Tiempo de Procesamiento en un 25%, y defectos en el 100% de las unidades procesadas. Dicho incremento temporal supone un total de 30 min tomando como base las dos horas propuestas para el desarrollo de la práctica lo cual incrementarían los costos de operación y los materiales necesarios en el desarrollo de la misma. En la tabla 24 se presentan los beneficios económicos que impactan en el desarrollo de estas prácticas de laboratorio.

También, el proyecto genera beneficios muy importantes que impactan en el proceso de formación profesional, como es el de poder desarrollar prácticas de laboratorio adecuadamente, sin interrupciones porque la estación de trabajo no funcione adecuadamente generando muchos tiempos perdidos y no se cumplía con las características de calidad deseados.

Tabla 24

Beneficios del Proyecto

Beneficio económico	Semestre			
	1	2	3	4
Por Materiales (\$)	249.480	249.480	2495.480	249.480
Por ahorro en Tiempo de Operación (\$)	288.000	288.000	288.000	288.000
Total (\$)	537.480	537.480	537.480	537.480

Fuente: Elaboración Propia

⁹ Costos de conversión: son tocos y cada uno de los costos que interfieren en la transformación de la materia prima en producto terminado.

Flujo de efectivo y cálculo de indicadores. Indicador beneficio costo. Para el presente proyecto se una tmar del 10% anual, teniendo en cuenta el tipo de proyectos, dado que, para el presente caso, no se podría hablar de viabilidad económica, sino más bien, rentabilidad social. En la siguiente tabla, se presenta el resumen de flujo de efectivo del proyecto.

16.4 Flujo de efectivo y cálculo de la relación beneficio / costo.

En la tabla 25 se presenta el flujo de efectivo (a pesos constantes) que se estimó para el proyecto en un periodo de cuatro semestres. Con esta información, se calculó el indicador B/C; también, en este cálculo se utilizó una tasa de descuento del 8.12% semestral, la cual fue estimada con una inflación del 2% y un costo de capital del 6% semestral.

Tabla 25

Flujo de Efectivo para el proyecto

Variable	Valor Semestral (\$)				
	0	1	2	3	4
Inversiones (\$)	\$ 1.970.600				
Beneficios (\$)		537.480	537.480	537.480	537.480
Costos (\$)		440.749	504.749	440.749	504.749
Flujo neto de efectivo (\$)	1.970.600	96.731	32.731	96.731	32.731

Fuente. Los autores.

Teniendo en cuenta la información de la tabla 24, la relación beneficio costo (B/C) generó un valor de 0.78. Valor que representa que, para esta inversión y los flujos de efectivo estimados para cuatro periodos, no los alcanza a recuperar, es decir, en este periodo aún tiene un mayor impacto los costos que los beneficios económicos esperados. Sin embargo, más allá de los resultados económicos favorables, la implementación del presente proyecto busca fortalecer los

procesos de enseñanza aprendizaje, permitiendo que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento en un contexto real.

En este sentido, el desarrollo del presente proyecto se justifica por el gran aporte que realiza a la consolidación de los conocimientos adquiridos en las distintas asignaturas de los estudiantes de ingeniería de la Unidad Central del Valle del Cauca.

17 Documentos de Apoyo

17.1 Guía para Practica de Laboratorio en la Estación de Marcado de Cubo De Madera.

Otra propuesta con el desarrollo de este proyecto es la de una guía de laboratorio que permita transferir algunos conocimientos de la ingeniería industrial en un contexto real. Para este caso, se utilizaron dos estaciones de trabajo contiguas: estación de trabajo de corte y perforado de cubo pequeño y la estación rediseñada de cubo pequeño. La guía para esta práctica de laboratorio, está enfocada al Análisis de Variación Seis Sigmas en los Procesos de Corte Perforado y Marcado de Cubos Pequeños, cuyo objetivo principal es la de verificar la aplicación de este modelo para alcanzar un producto con las características de calidad requeridas por el cliente, (ver anexo 2)

17.2 Manuales de la Estación de Trabajo

Para garantizar el adecuado funcionamiento de la estación se sugiere seguir a cabalidad el manual técnico, de funcionamiento, mantenimiento y seguridad. (Anexo. 3),

18 Conclusiones y Recomendaciones

Con el desarrollo de la presente investigación, se logró el cumplimiento de los objetivos del proyecto, logrando rediseñar la estación de trabajo con las características técnicas y funcionales que permiten marcar el cubo de madera pequeño-componente del producto principal de una manera legible. De igual manera, se logró mejorar los sistemas funcionales de la estación (mecánico, eléctrico, neumático, electrónico) que contribuyeron a operar la maquina como se requiere y en tiempos esperados. Para alcanzar este objetivo, fue necesario evaluar el estado actual del funcionamiento de la maquina en el que identificaron fallas técnicas en sus diferentes sistemas; se diseñó e implementó un nuevo sistema de marcado (previo análisis de dos alternativas) que permitió estampar bien los cuatro lados del cubo en los que se leen los cinco primeros números, las cinco vocales, la palabra Tuluá y la palabra Uceva; también, se normalizó su funcionamiento logrando mejorar el tiempo de ciclo y la garantía de poder emplearla en las prácticas de clase. De igual manera, se propusieron algunos manuales que permitieran contribuir a la adecuada operación de esta estación y disminuyera los riesgos de daño y accidentes. Finalmente, se estimaron las inversiones necesarias en este proyecto, sus costos operacionales y los beneficios económicos esperados que validaron desde lo económico estos mejoramientos; si bien es cierto en el periodo evaluado, el indicador B/C arroja un valor de 0.78, por debajo de 1, se puede asegurar que la estación de trabajo quedó en buenas condiciones para su funcionamiento y con los requerimientos de calidad en el cubo, hecho que va a contribuir a fortalecer los procesos de enseñanza aprendizaje.

Como recomendaciones generales, se solicita aplicar con rigurosidad todas y cada una de las restricciones, consejos y pasos sugeridos en los diferentes manuales que se añaden a este proyecto, principalmente a los de mantenimiento y de funcionamiento de la máquina que se

encuentra en la estación de marcado. Esto con el fin de poder asegurar la correcta utilización de la estación y evitar daños futuros en la misma.

Por otra parte, se sugiere la correcta revisión del manual de seguridad, antes de proceder a utilizar la estación esto para prevenir la accidentalidad que se pueda presentar en el área de trabajo y reducir posibles lesiones al operario de la misma.

También se recomienda la articulación en las diferentes áreas del conocimiento la práctica desarrollada en conjunto con este proyecto, siempre y cuando se lleve a cabo con rigurosidad y acompañamiento.

19 Bibliografía

- American Psychological Association. (2020). *Guía resumida de uso del Manual de Normas APA* (Séptima Edición ed.). APA. Obtenido de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIG/home_15/recursos/2020/documentos/27022020/normasapa-7.pdf
- Blank, L., & Tarquin, A. (2012). *Ingenieria economica*. Mc Granw Hill. Obtenido de https://www.academia.edu/36006062/Ingenier%C3%ADa_Econ%C3%B3mica_Tarquin_7_Edici%C3%B3n
- Chase , R. B., Jacobs, R. F., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de Operaciones producción cadenas de suministro*. Obtenido de https://www.ucursos.cl/usuario/b8c892c6139f1d5b9af125a5c6dff4a6/mi_blog/r/Administracion_de_Operaciones_-_Completo.pdf
- Córdoba, E. (2006). Manufactura y automatización. *Ingenieria e Investigacion*, <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v26n3/v26n3a14.pdf>.
- Garcia, E. (1999). *Automatización de procesos industriales*. Universitat Politècnica de Valencia
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentso de la manufactura moderna* (Vol. Tercera edicióñ). McGrraw-Hill Intereamericana. Obtenido de https://www.academia.edu/33002366/Fundamentos_de_manufactura_moderna_3edi_Groover

Mejía Estañol, R. (2000). *Tecnología aplicada a los procesos de manufactura*. F.C.A. Obtenido de http://publishing.fca.unam.mx/index.php?id_product=62&rewrite=tecnologias-a-procesos-de-manufactura&controller=product

Oficina Internacional del Trabajo. (1996). *Introduccion al estudio del trabajo*. (C. ediccion, Ed.) OIT.

Suñe Torres , A., Gil Vilda, F., & Arcus Postil, I. (2004). *Manual Practico de Diseños de sistemas productivos*. Diaz de santos. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=oP0THCPJ2-gC&printsec=frontcover&dq=Manual+pr%C3%A1ctico+de+dise%C3%B1o+de+sistemas+productivos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwimytzJ0f_nAhXrRt8KHVW7CLEQ6AEIKTAA#v=onepage&q&f=true

W. Kelton, D., P. Sadowski, R., & T. Sturrock, D. (2008). *Simulacion con software arena* (Vol. Cuarta Edicion). McGraw-Hill Interamericana. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/424050251/Simulacion-con-software-Arena-4a-ed-pdf>