



**ESTRATEGIA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL TIEMPO DE FABRICACIÓN DE
PRODUCTOS COSMÉTICOS CAPILARES EN LA EMPRESA EURO STYLE S.A.S.
CARTAGENA DE INDIAS.**

**ANDRES FELIPE FRIAS FIGUEROA
DIANA ISABEL AGUAS ULLOA
KELLY JOHANA TEHERAN VEGA**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELÍAS BECHARA ZAINUM
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

2020

**ESTRATEGIA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL TIEMPO DE FABRICACIÓN DE
PRODUCTOS COSMÉTICOS CAPILARES EN LA EMPRESA EURO STYLE S.A.S.
CARTAGENA DE INDIAS.**

**ANDRES FELIPE FRIAS FIGUEROA
DIANA ISABEL AGUAS ULLOA
KELLY JOHANA TEHERAN VEGA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**ANDY CABARCAS SIERRA
ASESOR DICIPLINAR**

**MARIA MERCEDEZ SUAREZ
ASESOR METODOLOGICO**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELÍAS BECHARA ZAINUM
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

2020

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias, 24 de junio 2020

DEDICATORIAS

A mis padres los cuales fueron los pilares fundamentales de mi formación como profesional y han estado presentes siempre en el cumplimiento de mis logros alcanzados hasta el día de hoy. A todos los que estuvieron en todo el proceso de formación y compartieron sus conocimientos para mi crecimiento personal y profesional.

Andrés Felipe Frías Figueroa

Agradezco a Dios su infinito amor y por la fuerzas que me ha dado para salir adelante a pesar de las dificultades, a mi familia que me ha apoyo siempre a pesar de la distancia, a mi hermana por su apoyo incondicional y a todas las personas que hicieron parte de este proceso de crecimiento en el desarrollo de este proyecto, aunque a pesar que se presentaron muchos obstáculos se logró los objetivos propuestos.

Sé que aquí termina una fase de mi vida, pero comienza otra llena de nuevas metas y sueños, con mis ganas siempre de triunfar de la mano de Dios.

Diana Isabel Aguas Ulloa

Este trabajo de grado lo dedico a Dios, a mi familia y todas las personas que me han acompañado en los años de mi formación como profesional. Esos que con su apoyo me motivaron y compartieron sus conocimientos, para alcanzar mis metas, a pesar de las dificultades.

Kelly Johana Teherán Vega

AGRADECIMIENTOS

La realización de este Trabajo de Grado, si bien ha requerido del esfuerzo y dedicación de parte de los integrantes de la investigación, no hubiera sido posible finalizarlo sin la cooperación desinteresada de todas las personas citadas a continuación, que fueron un gran soporte para su culminación.

Antes, le damos gracias a Dios por estar presente en cada paso que damos, por fortalecernos e iluminarnos, por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que sirvieron de ayuda y compañía durante la realización del proyecto.

Al Ing. Andy Cabarcas Sierra, por brindarnos su ayuda cuando más la necesitábamos, por su colaboración, paciencia y apoyo brindado permanentemente. A demás, por ser una persona con la que podemos contar siempre.

A la Ing. María Mercedes Suarez, por toda su colaboración, paciencia, calidad humana y por ser nuestro director de escuela durante la realización del proyecto.

Sobre todo la comunidad Unisinu, que nos permitió formarnos y nos ayudó a crecer como personas competentes, con valores éticos y morales bien dotados, para obtener el título de Ingenieros industriales.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	13
RESUMEN DEL PROYECTO	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	24
2. OBJETIVOS	25
2.1 OBJETIVO GENERAL.	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
3. JUSTIFICACIÓN	26
4. REVISIÓN LITERATURA	28
4.1 MARCO TEÓRICO.	28
4.1.1. Sistema de producción por lotes en la empresa Euro Style Sas.	32
4.1.2. Maquinarias, equipos y mano de obra en la etapa de fabricación de la empresa Euro Style Sas:	35
4.1.3. Métodos de trabajo.	36
4.1.5 Técnicas y herramientas utilizadas para el control de procesos y registro de información:.....	41
4.1.6 Sistemas de automatización.	56
4.1.7 Sistemas de Control.....	57
4.1.8 Controladores industriales.	58
4.1.9 Controlador lógico programable (PLC).	59
5. ANALISIS FINANCIERO	69

6. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES.....	72
7. MARCO CONCEPTUAL	79
8. MARCO LEGAL	82
9. METODOLOGÍA.....	84
9.1 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	85
10. RESULTADOS OBTENIDOS	86
10.1. FASE I. SITUACION ACTUAL.	86
10.1.1 Flujograma actual del proceso de producción.	93
10.1.2 Curso grama analítico de las tareas del proceso de fabricación de producto capilar.	95
10.1.3 Diagrama de análisis de la interacción Hombre-Máquina Actual.....	98
Figura 17. Diagrama Hombre-Máquina del proceso ACTUAL de la empresa Euro Style Sas.....	99
10.2 FASE II: ESTABLECER LA RUTA CRÍTICA DEL PROCESO, A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE PERT Y CPM.	103
10.2.1 Programación de actividades con el Método PERT	103
10.2.2 Diagrama de CPM del proceso productivo Actual.....	105
10.2.3 Resultados de desviaciones criticas vs Tiempo Hombre-Máquina.....	107
10.3 FASE III: ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE LOS RESULTADOS DE LA RUTA CRITICA Y ESTABLECER LAS POSIBLES ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO.	108
10.3.1 Plan de mejoras en variables críticas del proceso actual.	109
10.3.2 Diagrama de análisis de la interacción Hombre-Máquina Mejorado.....	113
10.3.3 Equipos y partes de las maquinas “marmitas” propuestos en el plan de mejoras.....	116

10.2.	FASE IV: ANALISIS FINANCIERO	123
10.2.1.	Análisis de costos asociados a la mejora “Costos Directos e Indirectos”	123
10.2.2.	Proyección de Ingresos “Costo beneficio de la implementación de la mejora”	125
10.2.3.	Análisis de indicadores financieros (VAN, TIR)	125
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
12.	BIBLIOGRAFÍA	129

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama analítico del proceso de fabricación de productos cosméticos capilares.....	18
Figura 2. Diagrama de Ishikawa actual.....	22
Figura 3. Estructura de los sistemas de producción.	33
Figura 4. Modelo de diagrama Ishikawa.....	42
Figura 5. Simbología de un diagrama de Flujo.....	43
Figura 6. Ejemplo de curso grama analítico.....	46
Figura 7. Modelo de diagrama Hombre – Máquina.....	47
Figura 8. Modelo de ruta crítica.	48
Figura 9. Actividades predecesoras.	51
Figura 10. Interacción de actividades predecesoras.....	51
Figura 11. Notación empleada en los nodos de la ruta crítica.	54
Figura 12. Distribución de probabilidad beta con tres estimaciones de tiempo	56
Figura 13. Diagrama de bloques "Funcionamiento de la marmita".....	64
Figura 14. Matriz de caracterización del proceso de fabricación de producto capilar. ..	86
Figura 15. Diagrama de flujo ACTUAL del proceso de producción.	93
Figura 16. Curso grama analítico de las tareas del proceso de fabricación de producto capilar	95
Figura 17. Diagrama Hombre-Máquina del proceso ACTUAL de la empresa Euro Style Sas.	99
Figura 18. Diagrama de CPM del proceso productivo.....	105
Figura 20. Diagrama Hombre-Máquina Mejorado	113
Figura 21. Diagrama de proceso P&ID-Marmita.....	120

INDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Materias Primas.....	89
Imagen 2. Bascula de pesado de materias primas.	89
Imagen 3. Sistema de calentamiento de Materias primas	90
Imagen 4. Sistema de dosificación de agua (Tuberías-Marmita Industrial)	91
Imagen 5. Sistema de calentamiento (Resistencias 220V).....	91
Imagen 6. Sistema de enfriamiento.....	92

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Componentes principales del proceso en la empresa Euro Style SAS (Equipos, maquinarias y operarios).	35
Tabla 2. Criterios de aceptación VAN.	70
Tabla 3. Resumen de diagrama de flujo ACTUAL del proceso	94
Tabla 4. Resumen de operaciones. Diagrama Hombre-Maquina.....	100
Tabla 5. Resumen porcentual de Saturación e inactividad del Diagrama Hombre-Maquina	101
Tabla 6. Comparativo de producción real. Tiempos de producción Vs. Lotes producidos	102
Tabla 7. Programación de actividades -Método PERT	103
Tabla 8. Resumen de Tiempos de producción por lotes. Proyección PERT	104
Tabla 9. Actividades del PERT y Ruta critica	106
Tabla 10. Resultados de desviaciones criticas vs Tiempo Hombre-Máquina.	107
Tabla 11. Plan de mejoras en variables críticas del proceso actual.....	109
Tabla 12. Resumen de actividades del plan de mejoras "Condición normal vs Condición a mejoras"	111
Tabla 13. Resumen porcentual de Saturación e inactividad del Diagrama Hombre-Máquina- Mejorado	115
Tabla 14. Tabla cualitativa de elementos existentes Marmita	117
Tabla 15. Tabla cualitativa y/o cuantitativa de elementos a implementar a la Marmita.	119
Tabla 16. Costos Total diseño de la marmita "Costos Directos e Indirectos"	124
Tabla 17. Flujo económico de la empresa.....	125
Tabla 18. Promedios de Incrementos IPC -Colombia 2020	125
Tabla 19. Proyección de inversión a 5 años.....	126

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexos 1. Autómatas programables: SIMATIC s7-1200.....	133
Anexos 2. Basic panels segunda generación.	135
Anexos 3. Interfaces hombre - máquina (HMI).....	136
Anexos 4. Interfaces hombre - máquina (HMI).....	137
Anexos 5. Sensor medidor de flujo de agua.	138
Anexos 6. Electrovalvula metalica DCF.....	139
Anexos 7. Sensor de temperatura PT100.....	140

INTRODUCCION

La industria cosmética en Colombia ha tenido un crecimiento relativamente moderado, pero a la vez seguro, logrando alcanzar competitividad a nivel comercial. Este sector de la industria siempre ha estado presente en la humanidad desde el principio de los tiempos, dándose a destacar por su gran gama de productos o servicios que esta ofrece, que van desde diversidad de maquillajes hasta el cuidado de la piel y el cabello.

El desarrollo del proyecto se dará el sector de la industria cosmética, específicamente en la línea de productos capilares, en la empresa EURO STYLE S.A.S ubicada en la ciudad de Cartagena en el barrio bellavista, Km 1 Zona industrial de Mamonal. Es una empresa dedicada a la fabricación y distribución de productos cosméticos capilares Y cuenta con 15 años de funcionamiento a nivel nacional.

El proyecto presenta una estrategia de mejora en la etapa de fabricación de productos cosméticos capilares del sistema de producción de la empresa, que en la actualidad se da de forma manual y es desarrollado con el equipamiento de dos máquinas convencionales, y es ejecutado por un solo operario que a su vez es la persona que supervisa todo el proceso; debido a que las maquinas operan de forma mecánica dependiendo directamente de la capacidad del operario de turno, información que está consolidada en la caracterización del proceso, diagramas, curso gramas entre otras que facilitan el análisis y desarrollo de la investigación. Estos serán los lineamientos principales del proyecto para lograr identificar todo el proceso de producción y las maquinarias que se utilizan para su transformación, desde la entrada de la materia prima hasta la obtención del producto final, que consiste en la obtención de diversos productos para el cuidado y mantenimiento del tejido capilar. Luego, realizar un diagnóstico del proceso de fabricación la línea de producción y sus equipos y/o maquinarias actuales, a fin de optimizar y estandarizar el proceso de producción actual de la empresa garantizando la mejora y aumento en la productividad.

Los avances tecnológicos y la mejora de los estándares de calidad de los productos en el mercado, están creando la necesidad de las empresas a intervenir los procesos y políticas de producción, implementando nuevos elementos de monitoreo y control que permiten ser manejados de forma práctica por el operario y además generando una elaboración de productos más versátiles, por lo que es necesario mejorar los tiempos de producción, disminuyendo gastos y logrando que la fabricación de los productos se den con mayor precisión. Una optimización y/o automatización en la empresa EURO STYLE, va a permitir que se reduzcan los tiempos muertos en el proceso; logrando que la empresa sea más rentable y competitiva.

Por consiguiente, se plantea la aplicación de un sistema de PLC (Programable Logic Controller) como plan de mejoramiento de la productividad, identificando algunos factores que influyen directamente: reducción de los tiempos muertos de procesos, capacidad de producción, capacidad operativa, así como también disminución de la carga de trabajo por el operador; además la importancia de tener un control de variables propias del proceso de producción y transformación de las materias primas, tal como la temperatura que tiene influencia directa en el producto final; por tanto, se busca optimizar esas variables hasta el grado de que la maquina pueda efectuar la operación de control de tiempo vs temperatura sin necesidad que el operario este cronometrando el proceso. A partir del planteamiento anterior, se hace un realiza un análisis de costos asociados a la estrategia de mejora, haciendo el costeo de equipos y partes necesarios, para el sistema autómeta de las marmitas del proceso productivo, con el fin de evaluar la rentabilidad y/o viabilidad del proyecto a través de indicadores de bondad económica.

El tipo de investigación aplicada es descriptiva, con la cual se pretende identificar el proceso actual de la empresa y evaluar las posibles actividades y procesos susceptibles automatizar y con ello optimizar los recursos materiales, recursos humanos, económicos y financieros.

ESTRATEGIA DE OPTIMIZACION PARA EL TIEMPO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS COSMÉTICOS CAPILARES EN LA EMPRESA EURO STYLE S.A.S. CARTAGENA DE INDIAS.

RESUMEN DEL PROYECTO

En el presente proyecto de investigación se establece una estrategia de mejora en la etapa de fabricación de productos cosméticos capilares del sistema de producción de la empresa Euro Style SAS, Cartagena de Indias.

Se hace un diagnóstico inicial de la empresa, especialmente en el área de fabricación de tintes capilares, esto posibilita el reconocimiento de la empresa y su área productiva, su nivel y capacidad operativa, y los procedimientos establecidos desde que inicia el proceso de fabricación, transformación de la materia prima, hasta el almacenamiento final de producto por lotes a granel.

Posteriormente se hace un análisis de métodos y tiempos de trabajo con el fin de reducir y optimización de los tiempos de proceso actuales, aplicando diversas técnicas y herramientas de medición de tiempos y evaluación de proyectos, como lo son diagramas de proceso, diagramas hombre-Máquina, curso gramas analíticos, métodos Pert y Cpm, todos estos desarrollados y generados con información y muestreos en la empresa; a través de visitas y la observación directa.

Como resultado se presenta una propuesta de mejora enfocada a la reducción de tiempos de proceso y cumplimiento de estándares de producción, por medio de la automatización de las máquinas o marmitas del proceso, encargadas de la cocción, homogenización y pasteurización del producto final; haciendo reconocimiento de información técnica para la validación funcional y económica de la propuesta, evaluando su impacto productivo y económico a fin de cumplir con los objetivos planteados.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector de la industria en la cosmética capilar en Colombia ha tenido un crecimiento significativo, de acuerdo con los datos publicados por la cámara de comercio de Cali en marzo de año 2017. “El valor de mercado de Productos Capilares en Colombia fue USD 462 millones en 2015 y registró un crecimiento promedio anual de 5,6% entre 2011 y 2015. Según Euro monitor, el mercado nacional de Productos Capilares crecerá en promedio 6,6% entre 2016 y 2020”.

Por consiguiente, la empresa **EURO STYLE SAS** en su proceso de crecimiento continuo en lo que concierne a la productividad, se ha visto en la necesidad de establecer mejoras en su proceso de fabricación de cosméticos capilares. Por tanto, se identifica que su actividad industrial es de tipo manufacturera con una producción por lotes. Para el desarrollo de las actividades del proceso de fabricación cuenta con un personal operativo (Operario) encargado de la planeación, ejecución, control y vigilancia de los procedimientos y procesos; además se emplean equipos y maquinarias, tales como son dos máquinas mezcladoras principales llamadas Marmitas, donde se mezclan todos y cada uno de los componentes para la obtención de un producto final; estas dos máquinas antes mencionadas son operadas se forma manual e independientes a través de dos tableros de control eléctrico que requieren de la presencia permanente del operario durante la operación de estas, además, el personal operativo es responsable del pesado y dispensado de materias primas e insumos lo cual genera unas variables que se pueden evidenciar a continuación: peso y cantidad de materias primas, adicionalmente y de forma manual debe tomar los tiempos de mezclado y adición de componentes, controles de temperaturas mínimas y máximas, y realizar el cargue y descargue de producto de forma manual.

Teniendo en cuenta esta información se realizó una investigación en la que se logró recolectar información por medio de visitas de campo en la que se evidencio a través de la observación directa como se realiza el proceso productivo. Por lo cual se realizó un

análisis detallado del proceso de la empresa Euro Style S.A.S., que tiene sus inicios en la inspección del área de trabajo, siguiendo por la ubicación y pesado de las materias primas, traslado de los materiales, preparación y puesta en funcionamiento los equipos de calentamiento y dosificación, medición y cronometraje del tiempo de calentamiento, identificación y llenado de la marmita para la homogenización del producto y determinar el tiempo de enfriamiento y finalmente hacer el descargue del producto obtenido a través de baldes con una capacidad de 20 Kg los cuales sirven para transportar el producto terminado desde la marmita hasta al granel de 100 Kg en que va a ser almacenado de forma temporal; una vez finalizado el proceso de fabricación de un lote de producto cosmético capilar, se traslada a otra área para su envasado en frascos, donde son preparados para su almacenamiento y distribución.

A continuación, y con la información recolectada, se realiza el levantamiento del proceso de fabricación con el cual cuenta la empresa en sus procedimientos operativos estándar (POE). (Ver figura 1). Cada actividad relacionada en este proceso está identificada con el tiempo real y estándar (el tiempo estándar se toma de los métodos de fabricación de la empresa y el tiempo real se toma a través de la observación directa con un cronometro en cada una de las actividades del proceso), esto mejora el análisis.

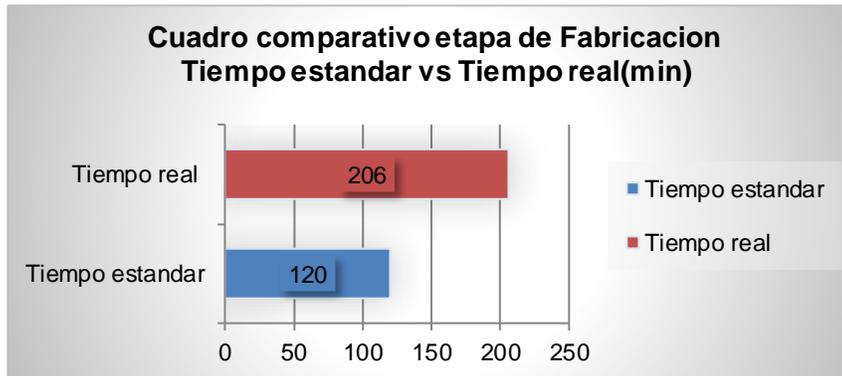
Figura 1. Diagrama analítico del proceso de fabricación de productos cosméticos capilares.

#	Descripción de actividades						Tiempo estimado (min)	Tiempo real (min)
1	Verificar áreas productivas		X				0,5	0,5
2	Pesar y dispensar materias primas de acuerdo con lo establecido en la formula maestra	X					5	12
3	Trasladar recipiente con materia al área de calentamiento				X		1	1
4	Encender estufas de calentamiento	X					0,5	0,5
5	Dosificar agua desmineralizada de acuerdo con la cantidad establecida en el orden de producción	X					15	25
6	Verificar nivel de agua de chaqueta de calentamiento		X				0,5	2
7	Encender las 3 resistencias de 220 v de la chaqueta de calentamiento	X					1	3
8	Esperar a que ambas fases lleguen a 75°C					X	30	50
9	Agregar contenido del recipiente del área de calentamiento a la marmita asignada según orden de producción	X					2	5
10	Esperar a que la mezcla sea homogénea 10 minutos					X	10	15
11	Encender sistema de enfriamiento de agua	X					1	3
12	Esperar a que la mezcla descienda hasta 45° C					X	30	50
13	Adicionar fase activa según orden de producción	X					1,5	4
14	Esperar 10 minutos hasta homogeneización de la mezcla					X	10	15
15	Descarga de producto a granel limpio y etiquetado (zona inferior de la maquina a través de baldes)	X					12	20
	Total	8	2	0	1	4	120	206

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

El diagrama No.1 deja en evidencia todas las actividades realizadas para la elaboración de un lote de producto. A partir de este proceso de identificación de fases del diagrama analítico se observa un déficit en los tiempos de fabricación real con respecto a al tiempo estándar, lo cual da como resultado una diferencia de 86 minutos lo que se representa como demora del proceso, los datos estipulan de manera porcentual en la siguiente gráfica:

Gráfico 1. Grafico comparativo tiempo estándar vs tiempo real



Fuente: Elaboración Propia, 2019.

La información registrada permite evidenciar que el tiempo real supera al tiempo estimado en un 71,6% lo cual representa una demora en los procesos productivos de la empresa, en consecuencia, se lleva a cabo un análisis de los tiempos de cada actividad realizada en la siguiente grafica (ver grafica 2). Por tal, se logra identificar cuáles son las actividades que tienen mayor diferencia de tiempo con respecto al estimado como los son las actividades 5, 8 y 12 y que requieren hacer una revisión y diagnóstico para mejorar en relación con el tiempo real.

Gráfico 2. Comparativo en tiempos de actividades.



Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Por tanto, las actividades 5, 8 y 12 son las que representan la mayor significancia dentro del proceso de transformación de las materias primas, siendo la actividad 5 (Dosificar agua desmineralizada de acuerdo con la cantidad establecida en el orden de producción) la dosificación del agua tratada se efectúa mediante tuberías de agua desde el área de almacenamiento hasta el interior de la marmita para ser calentada, esta tarea es ejecutada de forma manual por el operario utilizando un medidor de agua de tipo magnético independiente de las máquinas (marmita), esto se debe, a la falta de un sistema de llenado automático que permita dosificar la cantidad de agua necesaria, en el lugar y en un tiempo determinado.

En las actividades 8 y 12 influyen mucho las variables físicas tales como la temperatura, debido a que en la actividad 8 para efectos de calentamiento, el operador debe encender una serie de resistencias de 220v cada una (3 resistencias por máquina) y tener el control cronometrado (cronometro) del tiempo promedio en que debe alcanzar la temperatura máxima de 75°C, dicha actividad de cronometrado tiende a salirse de control o es desfasada en tiempo, por el descuido del operario a causa de la ejecución de otras actividades que se realizan durante este tiempo, dentro de dichas actividades esta la preparación y pesaje de las materias primas y componentes a adicionar al proceso, entre otras actividades más que en muchas ocasiones ocupan más tiempo del requerido haciendo que el tiempo de esta actividad se aumente. Posteriormente, finalizado el proceso de calentamiento del agua, el operario debe trasladar el agua a altas temperaturas desde el área de calentamiento hasta el área de producción (aproximadamente 3 metros de distancia) y dispensarla a la marmita asignada de fase oleosa para el proceso de mezclado y homogenización dicha actividad se da de forma manual.

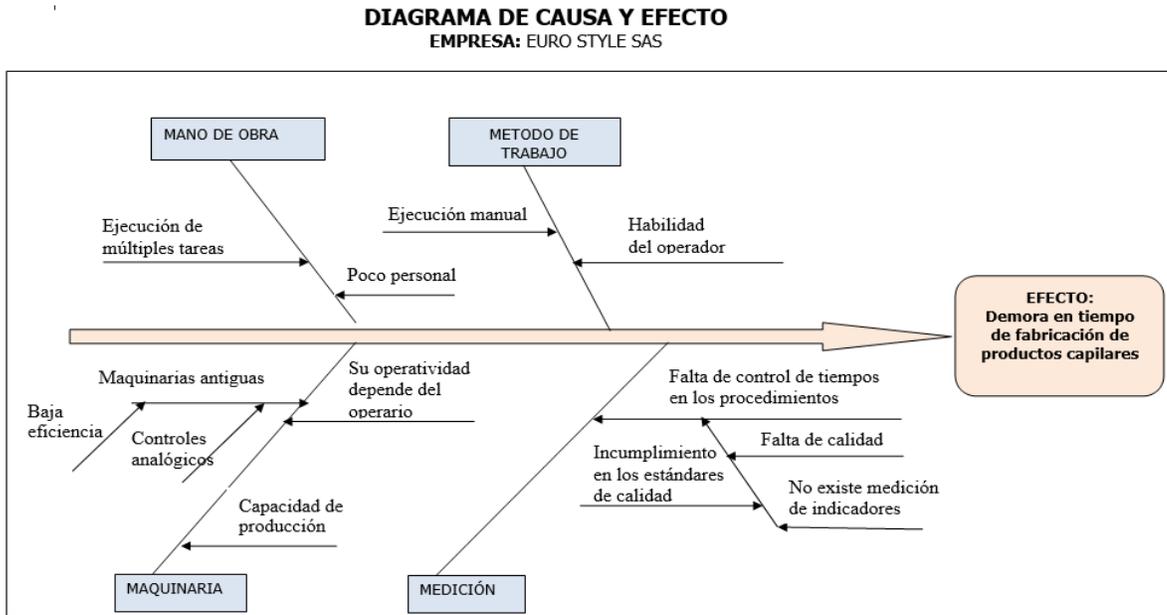
Luego, de lograda la homogenización inicial, se prepara un sistema de enfriamiento y se debe esperar un tiempo mínimo de 30 minutos a que descienda la temperatura de la mezcla hasta 45°C, tiempo que es muy variable y tiende a ser mayor debido a que en el

proceso de calentamiento se sobre pasa el tiempo del mismo logrando que la fase acuosa se sobre calienta lo cual dificulta su enfriamiento; además simultáneamente a la espera del enfriamiento del producto en proceso, el operario debe ocuparse de la preparación de la fase activa que se adiciona a la mezcla para la obtención del producto final; dicho producto final debe ser descargado a la zona inferior de la maquina a través de baldes para ser almacenado al granel.

Todas estas actividades y tareas al momento de ser ejecutadas por el operario representan la mayor significancia de tiempo dentro del proceso, evidenciado como demoras e incumplimiento en los tiempos de entrega por el departamento producción y por ende una disminución en la productividad de la empresa, ya que su razón es ejecutar ordenes de producción de acuerdo con los pedidos por los clientes.

A continuación, se hace un análisis específico de las posibles causas que pueden estar generando el exceso y demoras en los tiempos de producción. Por tanto, es claro definir que el tiempo es una variable crítica dentro del proceso productivo y a partir de este postulado elabora un diagrama de causa y efecto (Ishikawa) para determinar las causales que pueden estar generando esta problemática:

Figura 2. Diagrama de Ishikawa actual.



Fuente: Elaboración Propia, 2019.

En la representación del diagrama (Ishikawa) se identifican varios aspectos que influyen directamente en los parámetros de tiempo establecidos por la empresa dentro de sus procedimientos, cuyos efectos llevan al proceso a un retraso significativo al momento de entregar los lotes de producción, para este efecto inciden elementos como la mano de obra, métodos de trabajo, maquinaria y mediciones. Los cuales a su vez causan variaciones en los estándares de calidad de los productos.

Las causas con mayor incidencia en los tiempos de fabricación de los productos cosméticos que elabora la empresa Euro Style S.A.S son presentadas a continuación:

- ✓ La maquinaria utilizada en el proceso es totalmente dependiente del operario, es decir, el operario debe estar en un 99% al control de esta, presentando así demoras en las demás actividades que este debe realizar para el flujo del proceso. Además, las maquinarias utilizadas actualmente consta de elementos de medición totalmente análogos como lo son los termómetros y medidores de presión, estas mismas carecen

de controles de tiempo integrados a la maquina lo cuales deben permitir medir la variable de tiempo de acuerdo con la fase del proceso en que se encuentre, al carecer de estos elementos se generan errores de cálculos en estas variables provocando que tomen valores no deseados en el proceso.

✓ Por otra parte, el tema de la mano de obra representa un factor determinante, debido a las diversas actividades que debe ejecutar de forma manual el operario en la preparación de las recetas; estas actividades pueden ser discriminadas como:

- 1) El transporte de las materias primas.
- 2) Pesaje,
- 3) Llenado y vaciado de producto en proceso
- 4) Mediciones manuales
- 5) Entre otras como la supervisión de las maquinas en operación requiriendo la atención del operador.

Para el departamento de producción, la incidencia de los tiempos de fabricación es un aspecto importante que evaluar, debido a que se refleja en el incumpliendo en los lotes que se deben alcanzar diariamente, esto afectando directamente el rendimiento el proceso de producción de la empresa.

Por tanto, haciendo un análisis del panorama general de la empresa, la productividad se está viendo comprometida por la asignación de la mano de obra que se ve directamente afectada por la maquinaria, equipos, materiales y métodos de trabajo utilizado por los trabajadores.

Partiendo de esto, hoy en día en las empresas industriales, se evalúa permanentemente la mejora continua, con la finalidad de dar prioridad a los tiempos de ejecución muy largos y a los altos costos operacionales que no permiten alcanzar una competitividad y rentabilidad. Una de las herramientas tecnológicas básicas para el mejoramiento de los

procesos es la automatización, ya sea de los procesos en su totalidad o parte de las maquinarias empleadas. Tal como lo expone GARCIA, Emilio “la automatización constituye particularmente, uno de los factores de aumento de la productividad y de mejora de la calidad y tiempos de proceso”.

De esta manera, la automatización como estrategia mejora de procesos, ayuda a las organizaciones a crecer y ser competentes con procesos tecnificados y eficientes, ante los mercados tan competitivos, como lo es el sector de la industria cosmética.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo proponer una mejora en la etapa de fabricación de productos cosméticos del sistema de producción de la empresa **EURO STYLE S.A.S**, que permita optimizar el proceso productivo y la sobreasignación del recurso humano mejorando en la gestión de tiempos de operación, la productividad y que además sea viable económicamente?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar una estrategia que permita optimizar los tiempos de fabricación de productos cosméticos capilares en la empresa **EURO STYLE S.A.S.**

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Identificar cada una de las etapas de fabricación de cosméticos capilares aplicando las metodologías de caracterización, curso grama analítico, flujograma y diagrama hombre – máquina que muestre el paso a paso del tiempo, distancias, duración de las tareas y actividades dentro del proceso productivo.
- ✓ Determinar la ruta crítica en las etapas de fabricación de productos cosméticos a través de un diagrama de PERT, que nos muestre los tiempos críticos del proceso productivo.
- ✓ Establecer las posibles soluciones de las rutas críticas encontradas dentro del proceso productivo luego de la comparación de los métodos hombre máquina- PERT para la optimización de los tiempos en las actividades y tareas teniendo como base los tiempos estandarizados con el propósito de la mejora continua.
- ✓ Evaluar financieramente la propuesta de mejora, mediante indicadores de bondad económica que evidencie el impacto que tendrá sobre las utilidades de la empresa.

3. JUSTIFICACIÓN

La identificación de las necesidades en los sistemas productivos permite conocer los diferentes problemas que pueden afectar o limitar los procesos de producción; factores de carácter estructural, económico, ambiental, maquinarias y equipos, procedimientos, calidad, entre otros, a los que se enfrentan los jefes de procesos y alta gerencia.

Para garantizar el crecimiento de una empresa industrial, se debe conocer y establecer medidas eficientes que permitan la ejecución organizada y controlada de cada área o proceso de la empresa, lo cual se establece a través de recurso humano calificado, procedimientos, actividades y equipos eficientes que maximicen el flujo de producción y la calidad de los productos.

Esta situación, justifica la importancia de hacer un estudio diagnóstico de las necesidades que tiene la empresa **EURO STYLE SAS**, dentro de su proceso productivo que lleva actualmente, con el fin de establecer con claridad las medidas que se pueden tomar para la estandarización de los procesos donde hay transformación de materia prima, y así poder identificar qué procesos se pueden mejorar e identificar dentro del estudio que equipos se pueden implementar para que la producción tenga un mayor flujo, maximice la capacidad de producción y calidad de los productos; garantizando una ejecución eficiente del operador, evitando la sobrecarga y/o sobreasignación en las actividades diarias del proceso productivo.

Sabiendo que con la utilización de maquinarias eficientes se optimizan los procesos de producción, se reducen las tareas manuales y se precisa en la calidad, por estas razones es necesario buscar alternativas con las cuales se pueda aprovechar al máximo los recursos existentes; especialmente la capacidad de la mano de obra directa y por consiguiente el rendimiento de la maquinaria disponible.

El estudio tiene importancia en materia académica, económica, tecnológica y ambiental:

En lo académico, abre espacios para el estudio de sistemas de producción en empresas reales, en el que yace la importante de aplicar diferentes herramientas y teorías estudiadas a lo largo de la carrera, en este caso, se aplica al área de procesos como base fundamental el énfasis en tecnología y en los conocimientos que este involucra. Además, este proyecto en su estructura, consolidación y aplicación es una forma de incursionar en el mundo laboral, en una empresa con amplia trayectoria en el mercado colombiano, la cual ha permitido que se detecten necesidades en las áreas de producción y se efectúen proyectos que ayuden a mejorar y maximizar la capacidad de producción. En cuanto a lo económico y tecnológico: La identificación de necesidades y la aplicación de métodos adecuados tanto en procedimientos, y optimización de procesos, contribuyen a la disminución de los costos y tiempos, asegurando una mayor rentabilidad para la gerencia; garantizando en los procesos un uso más eficiente de recursos y con el buen desempeño de maquinarias y equipos, contemplando el aspecto tecnológico como uno de los componentes más importantes a efectuar, por lo que cada vez aparecen nuevas tecnologías que deben ser utilizadas y aprovechadas en las industrias.

Con el interés de coadyuvar al mejoramiento y optimización de los procesos de la empresa **EURO STYLE SAS**, se evidenciara que tipo de tecnología se requiere y se puede aplicar de forma eficiente que garantice que la ejecución controlada de cada procedimiento, tarea, actividad y/o proceso productivo; ejecutándose dentro de tiempos previamente establecidos y en la capacidad requerida, minimizando la generación de desperdicios y tiempos ociosos, por medio de la utilización de maquinaria y equipos que automaticen algunas procesos en específico, permitiendo el desempeño del operario en un ambiente seguro y más ágil.

En síntesis, el presente proyecto tiene como propósito convertirse en un aporte académico que brinde información real y concisa sobre este objeto de estudio, el cual servirá de base para futuras investigaciones y trabajos en este sector industrial de la economía en Cartagena de Indias.

4. REVISIÓN LITERATURA

4.1 MARCO TEÓRICO.

Actualmente, las organizaciones del sector cosméticos tienen como objetivo ser uno de los líderes potenciales en el mercado, enfocados en el mejoramiento continuo, buenas prácticas de manufactura e inversión en tecnología de punta. Por tanto, la optimización de recursos tanto materiales, maquinaria y recurso humano son factores importantes en el desarrollo de las empresas industriales, que buscan generar mayor competitividad en el mercado; optimizando y garantizando su capacidad de crecimiento y expansión.

Según J. Acero (2014) hoy en día, las empresas se ven obligadas a mirarse a sí misma para modificar y mejorar sus procesos para poder ser más competitivos. La particularidad de ser flexible y dar a sus clientes productos con calidad y mejores tiempos de entrega, al menor costo y con altos estándares de calidad en sus productos las ubica dentro de las tallas mundiales entre las ligas mayores de las organizaciones.

En el desarrollo del proyecto se revisarán algunos conceptos sobre sistemas de producción en la industria cosmética capilar y la aplicación de herramientas que permitan revisar de manera general el panorama de la empresa, como estrategias de optimización en los procesos productivos, permitiendo a la empresa crecer y ser más competitiva a nivel nacional e internacional.

Para este proyecto de busca plantear mejoras y en contexto con las necesidades de la empresa serán identificadas durante el diagnóstico inicial, se seleccionan algunas teorías importantes como referencia para abordar el tema de investigación.

Investigaciones relacionadas con el estudio, encontramos a Yepes, Javier (2015) propone la optimización del proceso de la empresa Industrias Alta pureza S.A. utilizando

la teoría de tiempos y movimientos con el fin de disipar, desplazar o eliminar los cuellos de botella dentro del sistema de producción, el cual busca mejorar la capacidad operativa de una marmita con el fin de optimizar los tiempos de procesos, a través de la automatización o adquisición de nuevos equipos.

Orozco, Carlos (2011) propone en una investigación optimizar el proceso de fabricación de productos cosméticos de tocador y limpieza en una industria cosmética, a través de la aplicación de herramientas de estudio de tiempos y diagramas de procesos, con el fin de identificar debilidades y tiempos de procesos largos. Aplicando la mejora en equipos obsoletos como lo son las Marmitas propias del proceso de fabricación. Logrando así plantear todas actividades y as posibles mejoras tanto en equipos, maquinaria y tiempos de producción, como objeto de mejora continua y aumento de la productividad.

Aranda R, Karen; Oviedo Gallo Y Dante André (2017) Presentaron la propuesta de mejora de los procesos de producción de tintes de una empresa de cosméticos e higiene, en la que se aplica el estudio de métodos y herramientas de ingeniería para las mejoras de tiempos de fabricación en el plan de producción.

Todas estas temáticas utilizadas y contextos van a permitir direccionar el enfoque de mejora del proceso actual de la empresa Euro Style sas, a través de la aplicación de diferentes herramientas de estudio.

Procesos de fabricación de productos

Los procesos de fabricación, son las operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas; dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como: la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética que se realizan en el ámbito de la industria.

En la mayoría de los casos, para la obtención de un producto es necesario una gran cantidad de operaciones individuales de modo que, dependiendo de la escala de observación, puede denominarse “proceso” tanto al conjunto de operaciones desde la extracción de los recursos naturales necesarios hasta la venta del producto como a las realizadas en un puesto de trabajo con una determinada máquina o herramienta.

Normalmente un proceso industrial suele necesitar de una supervisión, se dispone de un servidor por donde pasa toda la información del proceso (datos, número de orden de fabricación, consumos, inventario). Dicha información pasa por una red que une a los diferentes involucrados en el proceso de fabricación, el servidor además debe estar asociado a una base de datos para poder consultar y/o tratar los diferentes datos disponibles.

Desde el contexto organizacional, las industrias tienen sus procesos o flujo de operaciones, concentrándose en la división y articulación de tareas, de cálculos y optimización de tiempos operacionales, entre otros. Por consiguiente; la gestión de procesos es una disciplina de gestión que ayuda a la dirección de la empresa a identificar, representar, diseñar, formalizar, controlar, mejorar y hacer más productivos los procesos de la organización para lograr la confianza del cliente. La estrategia de la organización aporta las definiciones necesarias en un contexto de amplia participación de todos sus integrantes, donde los especialistas en procesos son facilitadores. (Bravo, 2013).

En una organización con los procesos bien gestionados, se pueden observar las siguientes prácticas:

- ✓ Consideran en primer lugar al cliente.
- ✓ Tienen en cuenta la finalidad, el para qué de su existencia y del esfuerzo de obtener grandes resultados.

- ✓ Satisfacen las necesidades de los —clientes internosll, tales como la dirección, los participantes del proceso y los usuarios. · Los participantes de los procesos están sensibilizados, comprometidos, entrenados, motivados y empoderados.
- ✓ La responsabilidad social está incorporada en el modelo, así como la figura del dueño de proceso de nivel gerencial.
- ✓ Han decidido dejar de hacer las cosas mal: reproceso, reclamos, stocks, papeles, transacciones en reposo y muchos otros —lujosll que no corresponden en estos tiempos.
- ✓ Han optado por hacer las cosas bien, por la continuidad operacional.
- ✓ El rendimiento de los procesos está alineado con la estructura de incentivos de la organización, lo que facilita el cambio y la motivación de las personas.
- ✓ La dirección de la organización está comprometida con la gestión de procesos y contempla en su presupuesto la inversión necesaria para el cambio. (Bravo, 2013)

¿Qué es un proceso?

Se considera como un conjunto de actividades, interacciones y recursos con una finalidad común: transformar las entradas en salidas que agreguen valor a los clientes. El proceso es realizado por personas organizadas según una cierta estructura, tienen tecnología de apoyo y manejan información. Las entradas y salidas incluyen tránsito de información y de productos.

Más allá de un conjunto de actividades, el proceso da respuesta a un ciclo completo, desde cuando se produce el contacto con el cliente hasta cuando el producto o servicio es recibido satisfactoriamente. Este ciclo completo debe entenderse como un proceso de transformación irreversible donde el tiempo juega un rol fundamental, como la flecha del tiempo a que alude Ilya Prigogine (Bravo, 2013).

Según la OIT (1996), todos los procesos cuentan con los siguientes elementos:

- a) **Inputs (entradas):** Es un producto que viene de un proveedor interno o externo, es la salida de otros procesos. Presenta características objetivas que responden al estándar o criterio de aceptación definidos.
- b) **Proceso:** Secuencia de actividades propiamente dicha. Es variable y se puede mejorar.
- c) **Output (salidas):** El resultado o producto del proceso, que va hacia un usuario o cliente interno o externo. Dicho producto tiene un valor intrínseco, medible o evaluable para su cliente o usuario.

Los factores que interaccionan en un proceso:

- a) **Personas:** Los miembros del equipo de proceso, todas ellas con conocimientos, habilidades y competencias adecuados.
- b) **Materiales:** Materias primas o semielaborados, insumos, información, con características adecuadas para su uso.
- c) **Recursos físicos:** Instalaciones, maquinaria, herramientas, softwares, que deben de estar en correctas condiciones de uso.
- d) **Método:** Procedimientos, formas de cómo realizar el proceso y como utilizar los recursos.

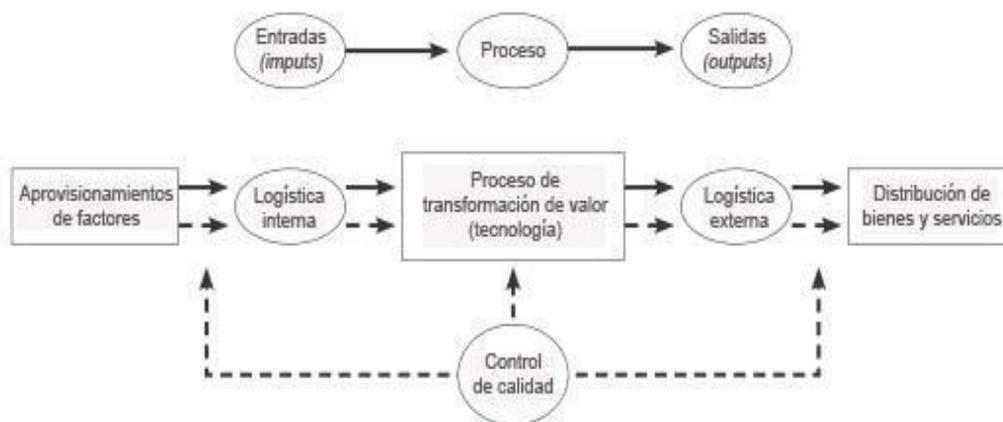
4.1.1. Sistema de producción por lotes en la empresa Euro Style Sas.

Para Chiavenato (1993) los sistemas de producción utilizados por las empresas que producen una cantidad limitada de un tipo de producto cada vez. Esa cantidad la denominan lote de producción, que se efectúa por volúmenes determinados y durante un tiempo previsto.

Terminando un lote de producción la empresa inicia inmediatamente la producción de otro lote, y así sucesivamente.

Tal como lo menciona Gustavo Bueno, “la producción se asocia a un sistema físico o proceso *input-output*, representado en la siguiente Figura 3. Los *inputs* son el conjunto de factores que la empresa tiene que comprar y contratar (materias primas, equipamientos, componentes, energía, mano de obra, recursos financieros, etc.), algunos de ellos requieren de almacenamiento, mantenimiento o preparación previa antes de su utilización, tareas configuradas en la denominada logística interna” (Bueno, 2011).

Figura 3. Estructura de los sistemas de producción.



Fuente: Bueno (2004).

La producción por lotes, exige un plan de producción específico, que es integrado al plan maestro de producción. La Planeación de la Producción verifica los demás lotes de producción en proceso, confrontándolos con la capacidad de producción ya ocupada y la capacidad disponible para ejecutarlo. Entonces, se parte de la previsión de ventas para conocer las fechas de entrega del producto acabado. Entre el plazo de entrada del lote y las fechas de entrega previstas para ventas se elabora el plan de producción del lote. El

cálculo de la carga de producción está en función de las fechas establecidas en la previsión de ventas.

Actualmente, el sistema de producción de la empresa Euro Style sas es por lotes, debido a que se produce una cantidad limitada del producto cosmético capilar denominado lote de producción. Este método requiere que el trabajo relacionado con la fabricación de este producto se lleve a cabo por partes u operaciones y estas deben ser finalizadas para el lote completo y así poder iniciar una nueva operación; esto se debe a que se requiere que esté totalmente terminada la operación de mezclado y espesor deseado no podrá pasar al siguiente paso teniendo en cuenta los controles de calidad.

De acuerdo a su proceso de producción se relacionan los materiales, materias primas, maquinarias y equipos utilizados en el proceso; por tanto, la ejecución se da de la siguiente manera:

- ✓ **Identificación y Recepción de las Materias primas (Lugar de almacenamiento):** Se recibe la materia prima bajo condiciones ambientales normales, en un lugar limpio, seco y fresco.
- ✓ **Dosificación de Materias primas (Recipiente a vapor):** Proceso de calentamiento de agua desmineralizada y productos principales.
- ✓ **Mezclado (Maquina mezcladora o Marmita):** Mezclado de los productos totalmente diluidos y sin residuos, hasta lograr la homogenización deseada.
- ✓ **Vaciado y Llenado de producto de homogenización (proceso Manual):** Se realiza de forma manual y se envasa a través de baldes en un tanque al granel, para ser manipulados posteriormente en envases personalizados y etiquetados. Para el proceso final de despacho.
- ✓ **Llenado (Proceso manual):** El producto final es envasado y etiquetado.
- ✓ **Almacenamiento (Deposito temporal):** Se almacena el producto de forma temporal en un lugar fresco y seco, libre de contaminación para ser distribuidos.

4.1.2. Maquinarias, equipos y mano de obra en la etapa de fabricación de la empresa Euro Style Sas:

En el desarrollo del estudio se identifican las maquinarias y equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de producción de productos capilares de la empresa:

Tabla 1. Componentes principales del proceso en la empresa Euro Style SAS (Equipos, maquinarias y operarios).

No.	Maquinas	Cantidad
1	Estufas eléctricas de 220 V	2
2	Maquina Mezcladora o Marmita	2
3	Agitador	2
4	Motor reductor	2
6	Operario de fabricación del producto capilar	1
7	Ollas de peltre de 20 Litros	4
8	Báscula de 35 KG	1

Fuente: Elaboración Propia, 2019

La maquinaria implementada al interior de la empresa consiste principalmente en dos máquinas mezcladoras llamadas marmitas las cuales cuentan con un sistema de chaqueta de agua con dos tipos de funcionamiento:

1. Calentamiento: por medio de 3 resistencias eléctricas de 220 voltios DC
2. Enfriamiento: por medio de una bomba de agua y dos accesos de agua con tuberías de CPVC (policloruro de vinilo clorado)

De acuerdo con los elementos de la tabla 1, se definen algunos componentes:

- ✓ Marmita Eléctrica: Se denomina marmita eléctrica cuando calentamos agua que se encuentra en la cámara de calefacción por medio de resistencias eléctricas.

- ✓ Agitador: Esta máquina tiene un agitador que sirve para la mezcla de los ingredientes, el agitador está en el centro del cilindro, hecho de acero inoxidable para evitar cualquier contaminación del producto.
- ✓ Motor reductor: Para poder mover el agitador se necesita de un motor Marca Siemens de 3 HP, el cual está acoplado con un reductor en la parte superior de la máquina en una base. Este reductor es de 1 vuelta a 25.
- ✓ Las resistencias eléctricas son alimentadas a 220 V, 60 Hz. (para otros voltajes según especificación). Control mediante contacto, termostato, protección contra bajo voltaje.

Sin embargo, a pesar de contar con estos sistemas estas máquinas dependen de un operario para su funcionamiento (no son autónomas), lo cual obliga en muchos casos al operario a dejar de hacer otras actividades para estar al frente del control de estos dos sistemas, en el cual no debe permitir que la temperatura exceda los 75 °C establecidos en los POE.

El promedio de fabricación real de la empresa oscila entre los 2 y 3 lotes diarios por máquina ósea entre 4 y 6 la producción total de una jornada de trabajo de 8 horas, realizando el levantamiento inicial (Diagrama 1) se puede evidenciar que el tiempo establecido para la fabricación de un lote de productos difiere en gran medida con los tiempos reales tomados durante la investigación.

4.1.3. Métodos de trabajo.

Para poder mejorar un proceso productivo es necesario conocerlo, estudiarlo y analizar cada uno de los elementos que intervienen en dicho proceso. Para ello se realiza el estudio de métodos.

El estudio de tiempos se inicia con los estudios realizados por Frederick W. Taylor, el cual comenzó con los cálculos y determinación del tiempo tipo los cuales fueron principalmente utilizados para los sistemas de valoración y el estudio de movimientos.

Según la definición de British Standard Glossary “El estudio de métodos es el registro sistemático y el examen crítico de los factores y recursos implicados en los sistemas existentes y proyectos de ejecución, como medio de desarrollar y aplicar métodos más efectivos y reducir costes”.

Las etapas del proceso de análisis de métodos son las siguientes:

1. **Seleccionar el trabajo o proceso a estudiar**, para poder desarrollar el trabajo de forma estructurada, y sin sobrepasar un volumen de trabajo que no se pueda abordar, se deben establecer cuáles son las actividades que se van a estudiar. No es posible analizar todas las fases que componen el proceso edificatorio, por lo que hay que centrarse en determinados trabajos.
2. **Analizar este trabajo en todos sus detalles**, registrar los datos relevantes del proceso, para su posterior análisis. En esta etapa se observan distintos aspectos de la actividad que se va a estudiar. Hay muchos aspectos que influyen directamente en el tiempo que posteriormente mediremos. Algunos de ellos son, por ejemplo, las técnicas empleadas para desarrollar el trabajo, herramientas, movimientos humanos (con gran esfuerzo físico, malas posturas, mal manejo de maquinaria...), que varían según la actividad que se estudie, y también en función de la empresa que desarrolle el trabajo (puede contar con más o menos recursos).
3. **Examinar si los hechos registrados tienen justificación, quien lo ejecuta, donde lo ejecuta y cuando lo ejecuta.**
4. **Establecer el método más apropiado teniendo en cuenta todas las circunstancias.** Para obtener un estudio profundo, hay que descomponer el proceso complejo en elementos simples. Hay que determinar, por tanto, cuáles van

a ser estos elementos, que posteriormente serán sometidos a la medición del tiempo.

5. **Evaluar los resultados obtenidos con el nuevo método.**
6. **Definir el nuevo método y el tiempo correspondiente.**
7. **Implantar el nuevo método, formando a las personas interesadas.**
8. **Controlar la aplicación del nuevo método siguiendo los resultados obtenidos.**

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 1996). “La Medición del Trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida”.

La importancia de la Medida del Trabajo no sólo se limita a su necesidad para poder llevar a cabo un adecuado análisis de los métodos de trabajo, sino que también es una parte fundamental para desarrollar el enfoque de distintos aspectos del proceso productivo en el área de fabricación de productos cosméticos capilares.

Por consiguiente, todo método de trabajo debe buscar:

- ✓ Mejorar los procesos, procedimientos y la disposición de la fábrica, taller y lugar de trabajo, así como el diseño del equipo e instalaciones.
- ✓ Economizar el esfuerzo humano para reducir fatiga.
- ✓ Crear mejores condiciones de trabajo.
- ✓ Ahorrar el uso de materiales, máquinas y mano de obra.

4.1.4 Estudio de métodos y tiempos.

Es importante conocer la relación entre estos términos, debido a su importancia dentro del caso en estudio, por tanto; en términos generales tal como lo expresa (PINEDA, 2005) “esta actividad implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para

realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables”.

Según el autor Harold Maynard, indaga que cada operación ejecutada en un área del trabajo debe ser estudiada para eliminar operaciones innecesarias en la ejecución de una labor y encontrar un método más rápido y ágil para ejecutarla, enfocada a la normalización de equipos, métodos y condiciones de trabajo. Dentro de estos factores principales que menciona el autor, el estudio de tiempos se convierte en una herramienta clave para el análisis y el desarrollo de los procesos dentro de la cadena productiva, buscando en su realización la manera más óptima de efectuar la tarea, para que los resultados en el estudio de tiempos y mínima distancia recorrida de los materiales permita una evaluación adecuada de los procesos y optimización de los recursos.

Existen varios tipos de técnicas que se utilizan para establecer un estándar, cada una acomodada para diferentes usos y cada uso con diferentes exactitudes y costos. Algunos de los métodos de medición de trabajo son:

1. Estudio del tiempo
2. Datos predeterminados del tiempo.
3. Datos estándar.
4. Datos históricos.
5. Muestreo de trabajo

Dentro del enfoque de estudio de tiempos y para la medición del trabajo utiliza un cronómetro o algún otro dispositivo de tiempo, para determinar el tiempo requerido para finalizar tareas determinadas. Suponiendo que se establece un estándar, el trabajador debe ser capacitado y debe utilizar el método prescrito mientras el estudio se está llevando a cabo. Para realizar un estudio de tiempo se debe:

1. Descomponer el trabajo en elemento.
2. Desarrollar un método para cada elemento.
3. Seleccionar y capacitar al trabajador.
4. Muestrear el trabajo.
5. Establecer el estándar

Tiempos predeterminados: Los tiempos predeterminados se basan en la idea de que todo el trabajo se puede reducir a un conjunto básico de movimientos. Entonces se pueden determinar los tiempos para cada uno de los movimientos básicos, por medio de un cronómetro o películas, y crear un banco de datos de tiempo. Utilizando el banco de datos, se puede establecer un tiempo estándar para cualquier trabajo que involucre los movimientos básicos. Entre las ventajas más grandes de los sistemas de tiempos predeterminados se encuentra el hecho de que no requieren del ritmo del uso de cronómetros, y que, además, con frecuencia estos sistemas son los menos caros.

Tiempos estándar: El uso de tiempos estándar también involucra el concepto de banco de datos, pero los datos comprenden clases más grandes de movimiento que los tiempos predeterminados. Los tiempos estándar se derivan ya sea de datos de cronómetros o de datos predeterminados de tiempo.

El uso de los tiempos estándar es bastante popular para la medición de la mano de obra directa. Esto se debe a que se puede derivar un gran número de estándares de un conjunto pequeño de datos estándar. Los sistemas de tiempos estándar son útiles cuando existe un gran número de operaciones repetitivas que son bastante similares.

Los sistemas estándar tienen algunas de las mismas ventajas que los datos predeterminados de tiempo. No requieren de un cronómetro; los datos se pueden utilizar para estudiar nuevas operaciones; y la exactitud se puede asegurar mediante el uso continuo y el refinamiento de los datos.

Datos históricos: El uso de datos históricos es tal vez uno de los enfoques más pasados por alto para la medición del trabajo. Esto se debe a que los métodos no se controlan con datos históricos y por lo tanto sería imposible establecer un estándar en el sentido usual de la palabra.

Para algunos trabajos el enfoque de utilizar los datos históricos puede ser preferible debido a que el trabajo en si se utiliza para desarrollar un estándar. No se requieren cronómetros y se permite la flexibilidad en el método, impulsando así la innovación sin la necesidad de establecer un nuevo estándar. Este enfoque puede ser especialmente efectivo cuando se acopla con un plan de incentivo salarial, donde el objetivo es hacer mejoras continuas sobre los niveles históricos.

Muestreo del trabajo: Un estudio del muestreo del trabajo se puede definir como una serie aleatoria de observaciones del trabajo utilizada para determinar las actividades de un grupo o un individuo. Para convertir el porcentaje de actividad observada en horas o minutos, se debe registrar también o conocerse la cantidad total de tiempo trabajado. Nótese que el muestreo del trabajo como las estimaciones de tiempo histórico no controla el método. Además, no se controla la capacitación del trabajador, de tal manera que los estándares no se pueden establecer por muestreo del trabajo.

4.1.5 Técnicas y herramientas utilizadas para el control de procesos y registro de información:

En la actualidad existen infinidad de instrumentos y herramientas de apoyo para la gestión de procesos de mejora en sus distintos ámbitos: análisis de problemas, generación y organización de ideas o representación de procesos o flujos de trabajo. Cada herramienta tiene una especialización y forma de utilización diferentes, así como diversas ventajas y puntos débiles. Las herramientas que se presentaran son conocidas por sus aplicaciones

en diferentes áreas y suman importancia en la resolución de problemas con fines de gestión de calidad y mejora continua en las organizaciones:

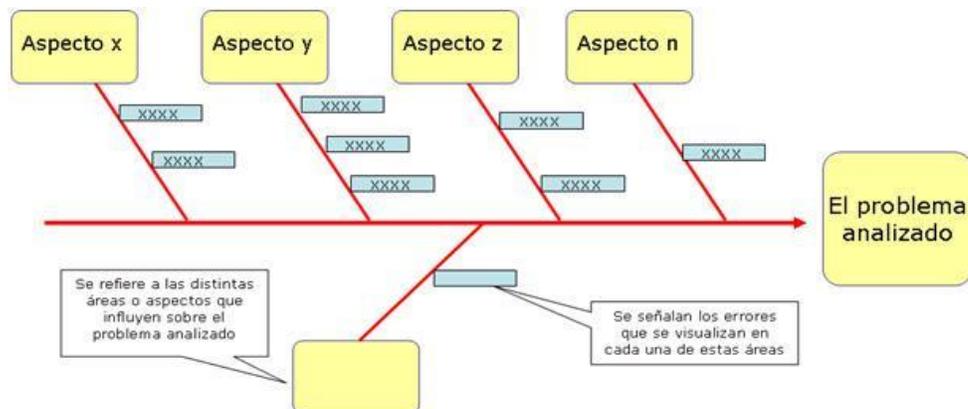
TECNICA 1: Diagrama Ishikawa – “Muestra las relaciones de causa y efecto entre los diversos factores que influyen en el problema objetivo de la investigación”

Al diagrama causa-efecto se le conoce también como diagrama de Ishikawa, haciendo referencia a su creador, el profesor japonés Kaoru Ishikawa, Actualmente está considerada como una de las principales herramientas de mejora por su gran sencillez y eficacia.

Es una herramienta de análisis que permite obtener un cuadro detallado y de fácil visualización de los diversos motivos que pueden originar un determinado efecto o problema. Se utiliza. Por lo tanto, cuando se quiere detectar un efecto indeseable y descubrir sus causas.

Suele aplicarse en la investigación de las causas de un problema, mediante la incorporación de opiniones de un grupo de personas directa o indirectamente relacionadas con el mismo. Aquí el grupo de personas a cargo del análisis del proceso realiza lo que se denomina una “lluvia de ideas” a partir de la cual se completan los dos temas señalados en el diagrama:

Figura 4. Modelo de diagrama Ishikawa.



Fuente: Medwave, 2011.

TECNICA 2: Diagrama de proceso de flujo –“Describe el proceso bajo investigación”

Es la representación gráfica de los pasos detallados de un proceso, muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura.

Son importantes los diagramas de flujo en toda organización y departamento, ya que permite la visualización de las actividades innecesarias y verifica si la distribución del trabajo esta equilibrada, es decir, bien distribuida en las personas, sin sobre cargo para algunas mientras otros trabajan con mucha holgura.

El diagrama de flujo ayuda al análisis a comprender el sistema de información de acuerdo con las operaciones de procedimientos incluidos, le ayudara analizar esas etapas, con el fin tanto de mejorarlas como de incrementar la existencia de sistemas de información para la administración. Se utilizan los símbolos para construir la gráfica del proceso operativo:

Figura 5. Simbología de un diagrama de Flujo.

Significado	Operación	Inspección	Actividad combinada	Transporte	Almacenamiento	Demora
Símbolo						

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Un pequeño círculo representa una operación y un pequeño cuadrado representa una inspección. Una operación se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte. Una inspección se realiza cuando la parte es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar.

Dentro de sus ventajas están:

- ✓ Dar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso.
- ✓ Estudiar las fases del proceso en forma sistemática.
- ✓ Mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales. Esto con el fin de disminuir las demoras, comparar dos métodos, estudiar las operaciones, para eliminar el tiempo improductivo.
- ✓ Estudiar las operaciones y las inspecciones en relación unas con otras dentro de un mismo proceso.

En el análisis de los métodos se usan generalmente ocho tipos de diagramas de proceso, cada uno tiene aplicaciones específicas, estos diagramas son:

- Diagrama de operaciones de proceso
- Diagrama de flujo de proceso
- Diagrama y/o curso grama analítico
- Diagrama de interacción hombre maquina

TECNICA 3: Diagrama o “Curso grama analítico de proceso”.

Es una representación gráfica, con la que logramos de forma sistemática y secuencial, documentar las actividades que realiza una o más personas al trabajar en manufactura o con clientes. Se conoce también como gráfico de proceso, el curso grama permite analizar las labores para detectar errores o mejoras.

Es un método muy similar al diagrama de flujo, sin embargo, hay diferencias y la simbología es una de ellas. La gran diferencia radica en que **está totalmente logrado para trabajar en el registro de los hechos** frente al estudio de un trabajo. En este sentido, considera el curso grama como un **instrumento de anotación**. La forma de

empleo en los diferentes formatos nos permite determinar un vistazo general del proceso, plasmar distancias, tiempos, etc. (Betancourt, 2016)

El curso grama se puede basar en tres opciones:

- ✓ **Curso grama de operario:** Se registra todo lo que lleva a cabo el trabajador
- ✓ **Curso grama de material:** Se registra todas las acciones que se le hacen al material.
- ✓ **Curso grama de equipo:** Se registra todo el trabajo que se realiza desde la óptica del equipo (cómo se usa el equipo).

El curso grama basado en observaciones directas deberían pasarse en limpio con el mayor cuidado y exactitud, puesto que las copias se utilizarán para explicar proyectos de normalización del trabajo o de mejoras de los métodos, y un diagrama chapuceado siempre hace causa mala impresión y puede causar errores.

Todo curso grama debe dar el máximo posible de información y deberían llevar como encabezamiento espacios donde apuntar:

- ✓ Nombre del producto, material o equipo representado, con el número del dibujo o número de clave.
- ✓ El trabajo o proceso que se realice, indicando claramente el punto de partido y de término y si el método es el utilizado o el proyectado.
- ✓ El lugar en que se efectúa la operación (departamento, fábrica, local, etc...)
- ✓ El número de referencia del diagrama y de la hoja y el número de hojas.
- ✓ El nombre del observador y, en caso oportuno, el de la persona que aprueba el diagrama.
- ✓ La fecha del estudio.

- ✓ La clave de los símbolos empleados, por si acaso utilizan el diagrama posteriormente personas habituadas a símbolos distintos. Resulta práctico exponerlos como parte de un cuadro que resuma las actividades según los métodos actuales y según los propuestos.
- ✓ Un resumen de la distancia, tiempo y, si se juzga conveniente, costo de la mano de obra y de los materiales, para poder comparar los métodos antiguos con los nuevos.

Antes de dar por terminado el diagrama se debe verificar lo siguiente:

- ✓ ¿Se han registrado los hechos correctamente?
- ✓ ¿Se han hecho demasiadas suposiciones y es la investigación tan incompleta que quizá sea inexacta?
- ✓ ¿Se han registrado todos los hechos que constituyen el proceso?

Es importante tener en cuenta los encabezados que debería tener los curso gramas que elaboremos, con el siguiente ejemplo de curso grama se establece un modelo:

Figura 6. Ejemplo de curso grama analítico.

Descripción	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (metros)	Símbolo					Observaciones
				○	□	D	⇨	▽	
La información de libro es programada en máquina litográfica		4,30		●					
La temática del libro es verificada		0,60		●					
El papel es insertado en máquina litográfica		1,00		●					
Espera trabajo en máquina litográfica		22,10							
Verificado de las hojas del libro		0,50		●					
Transportado de papel impreso a máq generadora de hojas		0,60	8,0						
Colocado de papel impreso en máq articuladora y accionar		12,60		●					
Espera articulado de hojas en máquina		14,80							
Revisar hojas articuladas		1,30		●					
Transportado de folletos a máq litográfica		0,60	7,3						
Programar información de folleto en máq litográfica y accionar		1,00		●					
Espera de trabajo en máquina litográfica		16,20							
Verificado de folletos impresos		0,35		●					
Transportado de folletos impresos a zona del libro		0,60	7,25						
Colocar folletos impresos al interior del libro		0,20		●					
Transportado a zona de equipos para quemar cd		0,80	10,3						
Grabado de cd según temática del libro		14,10		●					
Transportado de cd a zona de libro (hojas articuladas)		0,60	7,25						
Colocar cd al interior del libro		0,15		●					
Almacenado de producto terminado		0,10							
Total		92,50	40,10	7	4	2	6	1	

Fuente: (Betancourt, 2016).

TECNICA 4: Diagrama hombre – máquina.

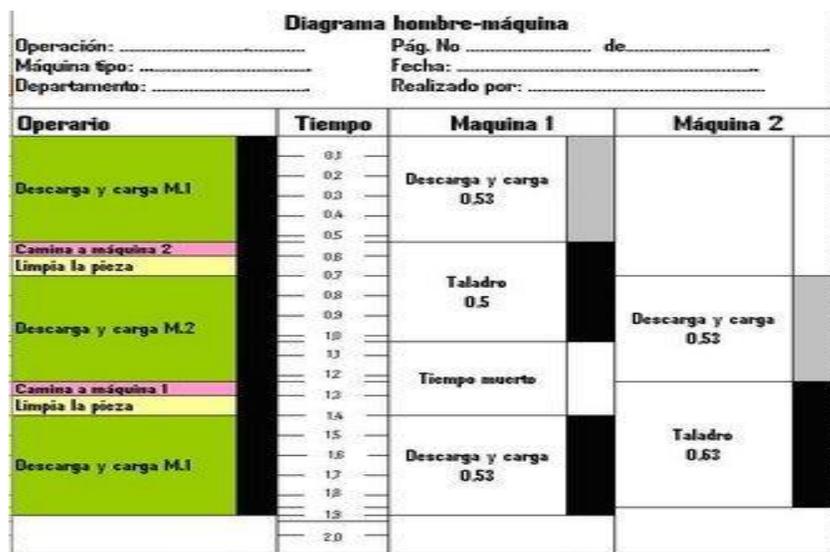
Es la representación gráfica de la secuencia de operaciones de un proceso en la que involucran hombres y máquinas, además permite conocer el tiempo empleado por los hombres y el tiempo empleado por las máquinas. Es de gran utilidad para eliminar tiempos muertos del trabajador y de las máquinas (Nieves & Freivalds, 2009).

Pasos para la construcción del Diagrama Hombre-Máquina:

1. Seleccionar la operación que será diagramada.
2. Determinar dónde empieza y donde termina el ciclo que se requiere diagramar.
3. Observar varias veces la operación para dividirla en sus elementos e identificarlos claramente.
4. Cuando los elementos de la operación han sido identificados, momento en el cual se procede a medir la duración de cada uno.
5. Finalmente, con los datos anteriores y siguiendo la secuencia de elementos, se construye el diagrama.

A continuación, se muestra un ejemplo sencillo:

Figura 7. Modelo de diagrama Hombre – Máquina.



Fuente: Moreno, G. 2016.

Para obtener los porcentajes de utilización empleamos las siguientes igualdades:

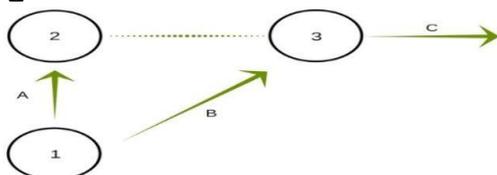
- ✓ Ciclo total del operario = preparar + hacer + retirar.
- ✓ Ciclo total de la máquina = preparar + hacer + retirar.
- ✓ Tiempo productivo de la máquina = hacer.
- ✓ Tiempo improductivo del operario = espera.
- ✓ Tiempo improductivo de la máquina = ocio.
- ✓ Porcentaje de utilización del operario = tiempo productivo del operador/ tiempo del ciclo total.
- ✓ Porcentaje de la máquina = tiempo productivo de la máquina/ tiempo del ciclo total.

TECNICA 5: Diagrama PERT/CPM “Ruta crítica”

Esta técnica si tiene la capacidad para considerar las relaciones de precedencia y la interdependencia de actividades. Tanto la técnica de evaluación y revisión de programas (PERT) Como el método de la ruta crítica (CPM), fueron desarrollados en la década de 1950 para ayudar a los administradores en la programación, supervisión y control de grandes proyectos.

Por tanto; el diagrama PERT/CPM “Es una herramienta de planeación que retrata de manera gráfica la forma óptima de obtener un objetivo predeterminado, generalmente en términos de tiempo... El diagrama de pert está determinado por tiempo, nodos que representan los eventos y los arcos (representados en distintas flechas) de inicio y término de un proceso” (Benjamin W. Niebel, 2009, págs. 20-21).

Figura 8. Modelo de ruta crítica.



CPM (Critical Path Method): Método de Ruta Crítica.

PERT (Program Evaluation and Review Technique): Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos. Estas técnicas fueron desarrolladas por dos grupos diferentes entre 1956 y 1958. Pont de Nemours & Company desarrolló el CPM como una aplicación a los proyectos de construcción y posteriormente Mauchly Associates, lo extendió a nuevas aplicaciones.

El PERT, fue producido por un grupo consultor para la Marina de Estados Unidos, con el fin de programar las actividades de investigación y desarrollo del programa de misiles Polaris.

Los métodos PERT y CPM se fundamentan en el manejo de un programa de tiempo, pero originalmente las estimaciones en el tiempo para las actividades se supusieron determinantes en CPM y probables en PERT.

Actualmente PERT y CPM comprenden realmente una sola técnica, son la base para realizar el **“Método de la ruta Crítica”**, utilizando el control de los tiempos de ejecución y los costos de operación, para buscar que el proyecto global sea ejecutado en el menor tiempo y al menor coste posible.

El método de la ruta crítica usa tiempos ciertos o estimados y consiste prácticamente en:

- ✓ Identificar todas las actividades que involucra el proyecto
- ✓ Establecer relaciones entre las actividades. Decidir cuál debe comenzar antes y cuál debe seguir después.
- ✓ Construir una red o diagrama conectando las diferentes actividades a sus relaciones de precedencia.
- ✓ Definir costos y tiempo estimado para cada actividad.
- ✓ Identificar la ruta crítica y las holguras de las actividades que componen el proyecto.
- ✓ Utilizar el diagrama como ayuda para planear, supervisar y controlar el proyecto.

Existen dos redes dentro del método de la Ruta Crítica:

- **Diagrama de Flechas:** Es el diseño de una red o diagrama en la que se muestra todas las actividades pertenecientes a la elaboración de un proyecto, muestra una secuencia lógica en la que se debe realizar dicho proyecto y se especifica la interdependencia entre una actividad y otra. La actividad se representa mediante flechas y las uniones entre una actividad y otra se representa mediante Nodos.
- **Redes de Precedencia:** Las actividades se representan en los nodos y las flechas sirven únicamente para conectar actividades, así como especificar el tipo de relación entre una y otro. En esta podemos establecer relaciones especiales entre todas las actividades.

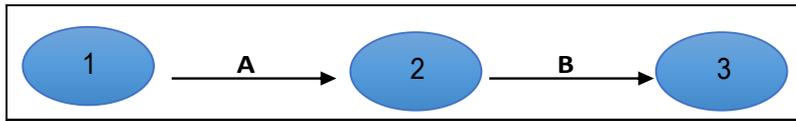
Procedimiento para trazar un modelo de red “PERT/CPM”

Para aplicar CPM/PERT se requiere conocer la lista de actividades que incluye un proyecto. Se considera que el proyecto está terminado cuando todas las actividades han sido completadas. Para cada actividad, pueden existir unas actividades previas o predecesoras que deben ser completadas antes de que comience la nueva actividad.

Se construye una malla o red del proyecto para dibujar gráficamente las relaciones de precedencia entre las actividades. En dicha representación gráfica, cada actividad es representada como una línea y cada nodo indica la terminación de una o varias actividades.

Utilizaremos un proyecto que consta sólo de dos actividades: A y B. Supongamos que la actividad A es predecesora de la actividad B, por lo que irá antes.

Figura 9. Actividades predecesoras.

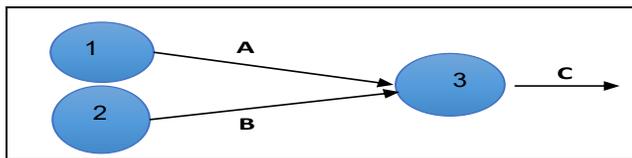


Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Así, el nodo 2 representa la culminación de la actividad A y el comienzo de la actividad B.

Si suponemos ahora que las actividades A y B deben ser terminadas antes que una actividad C pueda comenzar, la malla del proyecto queda como se muestra en la siguiente figura:

Figura 10. Interacción de actividades predecesoras.



Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Fases de programación diagrama PERT/CPM

De acuerdo Rincón. A, L. El proceso consiste en tres fases básicas: planeación, programación y control.

- **Fase de planeación:** En esta primera etapa se descompone el proyecto en actividades distintas, enseguida se estima el tiempo para estas actividades y se construye un diagrama de red o de flechas, donde cada uno de sus arcos (flechas) representa una actividad. Este diagrama muestra gráficamente las interdependencias entre las actividades del proyecto y genera la ventaja de analizar las diferentes tareas en detalle, posibilitando modificaciones antes de la ejecución del mismo.

- **Fase de programación:** Consiste en la construcción de un diagrama que muestre los tiempos de iniciación y finalización de cada actividad y su relación con otras actividades del proyecto. Igualmente, esta fase, debe señalar las actividades críticas en función del tiempo, esto es, aquellas que requieren atención especial para terminar oportunamente el proyecto. Para las actividades no críticas, debe mostrar los tiempos de holgura que pueden usarse cuando éstas se retrasan o se deben usar eficientemente recursos limitados.
- **Fase de control:** Es la fase final en la administración de proyectos. Es el uso del diagrama de red y del gráfico de tiempo para hacer reportes periódicos del progreso.

En consecuencia, la red puede actualizarse y analizarse para determinar, si es necesario, un nuevo programa para el resto del proyecto.

Determinación de la fase de programación “PERT/CPM”

Para saber cuánto tiempo tomara la producción, se realiza el análisis de la ruta crítica para la red.

Como se mencionó la ruta crítica es el camino con el tiempo más largo en la red. Para encontrar la ruta crítica calculamos dos tiempos distintos de inicio y terminación para cada actividad. Estos se definen a continuación:

- **Duración (t):** Indica el tiempo que demora en realizarse la actividad.
- **Tiempo de Inicio más cercano (IC):** Es el tiempo más cercano en que puede empezar una actividad, suponiendo que todas las actividades precedentes han sido completadas. Cuando se trata de actividades que tienen más de un precedente, el IC es el mayor de los tiempos de terminación más próximos de sus precedentes.

- **Tiempo de terminación más cercano (TC):** Es el tiempo más cercano en que una actividad puede terminar. Es igual al tiempo de inicio más próximo más su duración estimada (t):

$$TC = IC + t$$

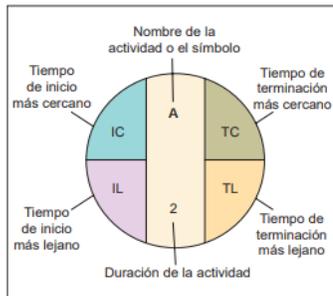
- **Tiempo de terminación más lejano (TL):** Es el tiempo más lejano en que una actividad puede terminar sin retrasar el tiempo de terminación de todo el proyecto. Se obtiene igualando el tiempo de inicio más lejano de la actividad que sigue inmediatamente. Si las actividades tienen más de una tarea que las siga de forma inmediata, el TL será el menor de los tiempos de inicio más lejanos de esas actividades.
- **Tiempo de inicio más lejano (IL):** Es el tiempo más lejano en que una actividad puede comenzar sin retrasar el tiempo de terminación de todo el proyecto. Es igual al tiempo de terminación más lejano menos la duración esperada de esa actividad (t):

$$IL = TL - t$$

- **Holgura (H):** Es el periodo que una actividad se puede demorar sin provocar retrasos en todo el proyecto. Las actividades contenidas en la ruta crítica tienen holgura cero. Se calcula matemáticamente así:

$$H = IL - IC = TL - TC$$

Figura 11. Notación empleada en los nodos de la ruta crítica.



Fuente: (HEIZER & RENDER, 2004).

Determinación de la RUTA CRITICA “CPM”

Una ruta es la trayectoria desde el inicio hasta el final de un proyecto. En este sentido la longitud de la ruta crítica es igual a la trayectoria más larga del proyecto. Los cálculos para el CPM necesitan dos etapas para encontrar la ruta más larga a través de una red de precedencias.

- ✓ En la primera etapa se empieza en el nodo de INICIO y se avanza hacia adelante por la red, determinando en cada nodo el tiempo más próximo en que la tarea o el evento puede iniciar.
- ✓ En la segunda etapa de los cálculos se empieza en el nodo FIN y se retrocede por determinando el tiempo más lejano en que una tarea o evento puede terminar.

Cálculo del tiempo de holgura e identificación de la ruta crítica:

Después de calcularse los tiempos más cercanos y lejanos para todas las actividades, simplemente debe encontrarse la cantidad de tiempo de holgura, o tiempo libre, que tiene cada actividad. La holgura es el periodo que una actividad se puede demorar sin retrasar el proyecto. Matemáticamente:

$$\text{Holgura} = \text{IL} - \text{IC} \text{ u } \text{Holgura} = \text{TL} - \text{TC}$$

A las actividades con tiempo de holgura cero se les denominan actividades críticas y se dice que están en la ruta crítica.

Estimaciones de tiempo en PERT

Se emplea una distribución de probabilidad con base en tres estimaciones de tiempo para cada actividad como sigue:

- ✓ **Duración optimista(a)**= Tiempo que tomara una actividad si todo sale como se planeó. Al estimar este valor, debe haber solo una pequeña probabilidad (digamos 1/100) de que el tiempo de la actividad sea <a.
- ✓ **Duración pesimista (b)** = Tiempo que tomara una actividad suponiendo condiciones muy desfavorables. Al estimar este valor, también debe haber solo una pequeña probabilidad (digamos 1/100) de que el tiempo de la actividad sea >b.
- ✓ **Duración más probable (m)**: La estimación más realista del tiempo requerido para terminar la actividad.

Distribución beta

Es la distribución matemática que puede describir las distribuciones de las duraciones estimadas de las actividades en una ruta PERT.

Cuando se usa PERT, a menudo se supone que las estimaciones de duración de una actividad siguen **la distribución de probabilidad beta** (Ver figura 12). Esta distribución continua suele ser apropiada para determinar el valor esperado y la varianza de los tiempos de terminación de la actividad.

Para encontrar e

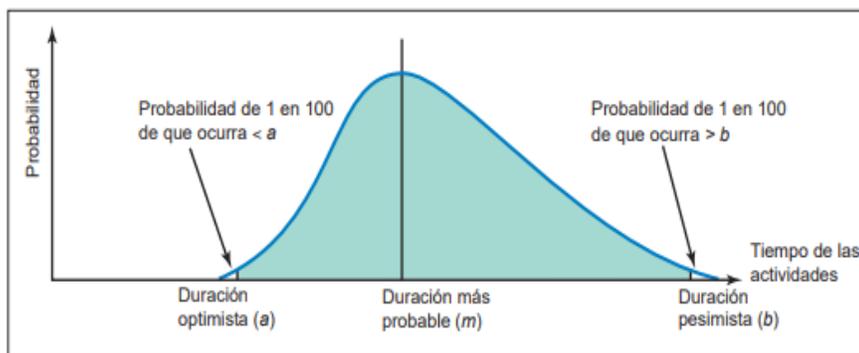
l tiempo esperado de la actividad, t , la distribución beta pondera las tres estimaciones de tiempo de la siguiente manera: $t = (a + 4m + b)/6$

Por tanto, se asigna a la duración más probable (m) cuatro veces el peso de la duración optimista (a) y la duración pesimista (b). La estimación de tiempo t , calculada mediante la ecuación anterior para cada actividad se emplea en la red de proyecto para calcular todos los tiempos más cercanos y lejanos.

Figura 12. Distribución de probabilidad beta con tres estimaciones de tiempo

VARIABILIDAD EN LOS TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES

71



Fuente: (HEIZER & RENDER, 2004).

En esta Figura 12, se presenta una distribución de probabilidad beta con tres estimaciones de tiempo. Para el cálculo de la dispersión o varianza del tiempo de terminación de la actividad, se utiliza la fórmula:

$$Varianza = [(b - a)/6]^2 \quad (5)$$

4.1.6 Sistemas de automatización.

Primariamente, la automatización está relacionada con la fabricación, procesos de control de calidad y materiales. Las soluciones de automatización industrial buscan reducir la dependencia de las compañías en procesos manuales no confiables y proclives al error en el piso de producción y remplazarles con actividades de respuesta a comando ejecutadas por equipo mecanizado y comandos de programación lógica.

La importancia de la automatización radica en que en procesos productivos representa la mejor solución ante problemas como la falta de recursos humanos o mano de obra, mejorando incluso el nivel de competitividad en el campo de la producción industrial. Además, aumenta el grado de rentabilidad de la empresa, reduciendo tiempos e incrementando la producción, también aporta a elevar el nivel de la calidad de los productos y en muchos casos a mejorar la seguridad industrial.

4.1.7 Sistemas de Control.

Son diseñados para desempeñar tareas específicas como controlar la temperatura, mantener la luminosidad en un lugar, abrir automáticamente una llave y otras de este tipo, su comportamiento responde a requisitos y necesidades concretas.

Las especificaciones por lo general y como recomendación deben ser establecidas al inicio, justo antes que el proceso de diseño empiece y pueden venir dadas como requisitos en el estado estacionario del sistema o en su respuesta transitoria. (Ogata, 2010, p.9)

Entre las características de un sistema de control tenemos:

- ✓ La retroalimentación
- ✓ Señal de corriente de entrada
- ✓ Señal de corriente de salida
- ✓ Variaciones externas
- ✓ Variable controlada
- ✓ Variable manipulada
- ✓ Fuente de energía

Los controladores de propósito general para los procesos industriales incluyen los Controladores Lógicos Programables (PLC's), módulos de E/S independientes, y computadoras.

4.1.8 Controladores industriales.

Estos surgen como una respuesta a la necesidad de supervisión y control en sistemas complejos de las variables que intervienen en los procesos, con ellos se dio vida al perfeccionamiento de la tecnología enfocándola al desarrollo de equipos con la capacidad de memorizar y controlar variables físicas, que portan la información necesaria para el tratamiento de los procesos de producción industrial. (Enrique Mandado et al, 2009, p.3).

En términos sencillos y concretos un controlador es un dispositivo capaz de administrar las variables físicas que gobiernan en los procesos, aclarando que estos equipos no hacen estas tareas de forma directa, debido a que en su mayoría las variables físicas medidas no son eléctricas, usando elementos adicionales llamados sensores, para realizar esta conversión.

Según la forma de controlar los procesos existen dos tipos de sistemas:

Sistemas de control de lazo cerrado. Su salida depende de la entrada, llamados también sistemas de control con retroalimentación.

De acuerdo con Ogata (2010, p.7) un sistema de control de lazo cerrado mantiene una relación dependiente de la salida con la entrada, comparándolas entre ellas y usando la diferencia también llamado error como medio de control, estos sistemas son conocidos como sistemas de control con retroalimentación.

Este tipo de sistema permite la medición y comparación constante de la variable controlable, en donde una señal de entrada va a estar en constante comparación con una

señal de salida, dicha comparación es la diferencia existente entre estas dos señales, llamada error, en si el sistema permite que este error se reduzca haciendo que el tiempo de reacción y establecimiento del proceso, sea menor, reduciendo la sensibilidad a perturbaciones.

Sistemas de control de lazo abierto: La salida no depende de su entrada.

Considerando los sistemas de control que son implementados con autómatas programables tenemos:

- ✓ Sistema de electrónico de control
- ✓ Autómatas programables
- ✓ Sistemas de automatización

Sistemas electrónicos de Control

Estos sistemas fueron nombrados “Sistemas electrónicos de control” (Electronic control systems), brindando funciones de procesar y guardar información adquirida de señales eléctricas brindadas por sensores con el objetivo de proporcionar respuestas adecuadas a determinados estímulos aplicados a sus entradas. (Mandado et al, p. 277)

Los sistemas electrónicos de control se pueden dividir en dos grandes grupos:

- ✓ **Autómatas programables:** También conocidos como PLC (programador lógico programable), permite gestionar circuitos de automatismos industriales mediante una programación correspondiente
- ✓ **Sistemas de automatización:** son sistemas de control que nos permiten administrar un proceso de manera automática.

4.1.9 Controlador lógico programable (PLC).

Es un dispositivo electrónico de propósito especial utilizado en la industria como elemento de control y monitoreo de máquinas, motores, válvulas, sensores, medidores, etc. Este

dispositivo tiene características de elemento programable y la capacidad de poder conectarse en red.

Las ventajas de los PLC's sobre los circuitos basados en elementos de control electromecánico son:

- ✓ Bajo costo
- ✓ Tamaño compacto
- ✓ Funciones avanzadas y Flexibilidad

También se podría utilizar un sistema de cómputo para controlar el proceso, pero un controlador programable es más adecuado que un ordenador para una aplicación industrial debido a que ofrece las siguientes ventajas:

- ✓ Construcción Robustas (ambiente industrial generalmente agresivo)
- ✓ Versatilidad (agregar módulos adicionales e interfaces HMI)
- ✓ Facilidad de la interfaz (manejo directo de actuadores, válvulas) y sencillo lenguaje de programación

2.1.1. Selección del PLC adecuado

Para poder elegir adecuadamente un PLC, debemos seguir los siguientes pasos denominados de Ingeniería de Automatización:

- ✓ Recopilación de información y cuantificación y clasificación de las señales
- ✓ Diagramación del sistema
- ✓ Configuración del sistema de control
- ✓ Instrumentación y elección de equipos

Se debe recolectar información, ya que este paso sirve para saber el proceso que realizará la máquina. Para de esta manera definir el tipo de equipos a utilizar y que tipo de control diseñar.

La recopilación de información de este proyecto está dada en los Fase III de esta tesis.

Sensores: Dispositivos electrónicos cuya constitución permite transformar fenómenos físicos a señales medibles de voltaje, corriente o frecuencia, señales que deben ser acondicionadas para su óptimo uso con elementos de control como microcontroladores, PLC's.

Su clasificación se puede determinar de acuerdo a las necesidades, en el caso de este trabajo considerando los diferentes parámetros de los dispositivos:

Según su principio de funcionamiento:

- ✓ **Activos:** de efectos piezoeléctricos y termoelectrónicos, como termocupla, pt100
- ✓ **Pasivos:** basados en la variación de la resistencia, capacitancia e inductancia, como fotoceldas, galgas extensiométricas.

Según el tipo de señal que dé respuesta:

- ✓ **Analógicos:** PT100. PT1000, termocupla, sensor de proximidad Sharp.
- ✓ **Digitales:** sensores capacitivos e inductivos, sensores ópticos, sensores de color. (Enrique Mandado et al, 2009, p.437).

En el desarrollo de la propuesta se decidió usar sensores PT100 tomando en cuenta la necesidad y las características físicas de los equipos.

Actuadores: Los elementos o dispositivos automatizados que tienen como finalidad la activación de un proceso; a través de la transformación de formas de energía eléctrica, hidráulica o neumática. Dicha activación puede ser definida como una fuerza que actúa o mueve a un dispositivo final de control, que por lo general son elementos mecánicos que forman parte del proceso, como son las electroválvulas.

Los actuadores se dividen en:

- ✓ **Actuadores neumáticos:** Son aquellos que su fuente de energía es el aire a presión.

- ✓ **Actuadores hidráulicos:** Estos actuadores tiene como fuente de energía es un fluido.
- ✓ **Actuadores eléctricos:** Su alimentación es la energía eléctrica.

Motores: Máquinas que tienen por función principal transformar la energía eléctrica en energía mecánica, siendo la fuerza rotacional generada la que nos permite realizar un trabajo.

Electroválvulas de Agua: Dispositivos que permiten el control del flujo de agua, mediante el accionamiento de una bobina solenoide, que al pasar corriente por la bobina esta se convierte en un electroimán, permitiendo el accionamiento mecánico de la válvula.

Relés: Elementos accionados eléctricamente que, mediante el paso de la corriente, energiza el núcleo de hierro provocando que se comporte como un electroimán, y atrae al material inducido por uno de sus extremos, empujando por el otro a uno de los contactos hasta que se juntan, permitiendo el paso de la corriente a través de ellos.

Dicho proceso de accionamiento viene descrito como el cierre y apertura de un interruptor cuando es Normalmente Abierto (NO), y como la apertura o cierre, cuando es Normalmente Cerrado (NC).

2.1.2. Sistema de automatización para marmita eléctrica

Para su funcionalidad deben estar constituidos por sistemas de **diseño mecánico, diseño eléctrico – electrónico.**

Descripción general del Sistema, la máquina está compuesta por:

- ✓ Marmita (Recipiente de Acero Inoxidable)
- ✓ Reservorio de enfriamiento el cual sirve para bajar la temperatura de la marmita.
- ✓ Tablero de control el cual contiene los elementos eléctricos electrónicos e Interface con el usuario.

1. **Diseño de Pantallas y Operación:** Debido a que el proyecto está enfocado hacia el sector cosmético capilar, la Interface de control es una pantalla táctil, la cual permite de una manera gráfica operar la máquina. El diseño de la pantalla de control debe ser bastante amigable y sencillo.
2. **Diseño Mecánico:** Contempla las características de los materiales necesarios para la construcción de la máquina, donde se dimensionan los equipos requeridos para un óptimo desempeño.
3. **Diseño Eléctrico – Electrónico:** En base al diseño mecánico y del equipamiento necesario para el montaje de la máquina se seleccionan los instrumentos adecuados, de tal manera que puedan desempeñarse de una manera eficiente.

2.1.3. Descripción de la Implementación del Sistema Automatizado de la Marmita

El usuario Final, tendrá un Pantalla Táctil donde tendrá que ingresar datos necesarios para poder especificar la aplicación que desee realizar.

1. Fase de control

Para explicar el funcionamiento de la máquina, se deben conocer los pasos básicos del proceso a implementar desarrollados en la Fase I del proyecto. Ya que depende de esto poder realizar una programación adecuada.

Estará dotada con todas las variables del proceso y recetas; para que conozca las medidas de los insumos que va usar (**Materias primas**), dependiendo de las cantidades y aplicación final que desee. El modo de operación será automático, para que justamente el usuario final (**Operario**) no tenga que intervenir cada etapa del proceso. Todos los Procesos quedan previamente cargados en el PLC, en la máquina.

2. Diseño eléctrico / electrónico

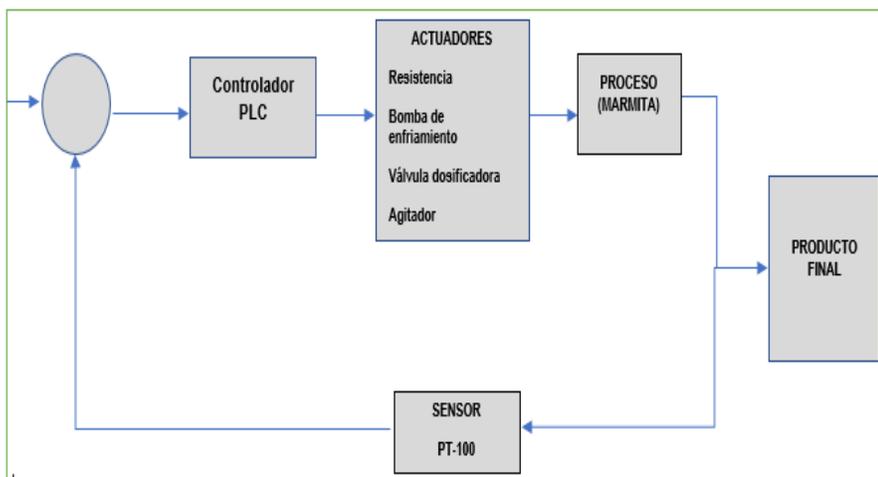
Para la instalación se debe tomar en consideración, las Normas básicas de instalaciones de sistemas de control, como son: calibre de los conductores, borneras, protecciones, espacio físico necesario, etc. A demás, los niveles de voltaje donde va a funcionar la máquina y niveles estándar de voltaje para equipos de automatización, estos niveles se detallan a continuación:

- ✓ Nivel de voltaje para la alimentación de los equipos de fuerza 220 VAC monofásico 60 Hz.
- ✓ Nivel de voltaje para alimentación de controlador y servicios generales 110 VAC monofásico 60 Hz.
- ✓ Nivel de voltaje para sensores y HMI 24 VDC.

Los equipos seleccionados deben cumplir con todas las normas necesarias para una máquina en la industria sanitaria para producción de cosméticos capilares.

En el diagrama de bloques adjunto, (Figura 13), se detalla el funcionamiento de la máquina; se ha dividido en cuatro bloques:

Figura 13. Diagrama de bloques "Funcionamiento de la marmita".



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

2.1.4. Componentes para la Implementación del Sistema Automatizado de la Marmita

- **Motor Bomba de Enfriamiento y Tanque:** Esta es la bomba de agua que estará conectada por mangueras a la entrada y a la salida del serpentín. El agua estará en un tanque plástico, de donde la bomba la absorberá. El agua del tanque debe ser helada, ya que a temperatura ambiente no podría bajar la temperatura del producto de la máquina. La bomba tiene una pequeña base donde el tanque de agua y la bomba forman un solo cuerpo.

Tiene como protección un disyuntor de 1 polo 6A. y es comandada a través de un relé es cual recibe la activación por medio de la salida del PLC asignada Q0.0.

- **La Válvula Dosificadora** tiene como protección un fusible de 1 polo 2A. Y es comandada a través de un relé es cual recibe la activación por medio de la salida del PLC asignada Q0.1.
- **La Válvula de Enfriamiento** tiene como protección un fusible de 1 polo 2A y es comandada a través de un relé es cual recibe la activación por medio de la salida del PLC asignada Q0.2.
- **La Resistencia Tubular** tiene como protección un disyuntor de 2 polo 20^a y es comandada a través de un relé es cual recibe la activación por medio de la salida del PLC asignada Q0.3.
- **Sensor de temperatura PT-100:** Es un dispositivo de efecto resistivo que transforma el fenómeno físico, de la variación del calor o el frío a una magnitud de señal de voltaje medible, que tiene como característica, que al encontrarse a una temperatura de 0 grados centígrados la resistencia equivale a 100 ohmios. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso en la pantalla.

- **El sensor de flujo YF-S201:** Está constituido por una carcasa de plástico, un rotor de agua y un sensor de efecto Hall. El funcionamiento de este sensor es muy simple, es decir, en el rotor tiene un pequeño imán adherido para poder registrar una vuelta cada vez que pasa por el sensor magnético de efecto Hall que hay en el otro lado del tubo, generándose pulsos de salida a una velocidad proporcional a la del flujo. En la parte posterior del sensor hay una flecha para indicar la dirección del flujo. Cada pulso en la salida del sensor equivale aproximadamente a 2,25 mililitros. Una de las cosas a tener en cuenta es que no es un sensor de precisión, por lo que la frecuencia del pulso varía un poco dependiendo de la velocidad de flujo, la presión del fluido y la orientación del sensor, necesitándose una cuidadosa calibración si se requiere más que un 10% de precisión. A continuación, os muestro algunas de las características más relevantes de este sensor.

2.1.5. PLC SIEMENS “CONTROLADOR SIMATIC S7-1200”.

La gama S7-1200 abarca distintos controladores lógicos programables (PLCs) que pueden utilizarse para numerosas tareas.

- ✓ Gracias a su diseño compacto, bajo costo y amplio juego de instrucciones, los PLCs S7-1200 son idóneos para controlar una gran variedad de aplicaciones.
- ✓ Los modelos S7-1200 y el software de programación basado en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización.
- ✓ Se adjunta información sobre cómo montar y programar los PLCs S7-1200.
- ✓ Introducción al PLC S7-1200

- ✓ El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización.
- ✓ La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC.
- ✓ Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa, que puede incluir lógicas booleanas, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

2.1.6. Selección HMI - PANEL HMI KP300 Basic Mono PN.

En la función de diálogo hombre-máquina, el operador desempeña un papel importante. En base a los datos de los que dispone, debe realizar acciones que condicionan el buen funcionamiento de las máquinas y las instalaciones sin comprometer la seguridad ni la disponibilidad.

Por lo tanto, es indispensable que la calidad del diseño de los interfaces y de la función de diálogo garantice al operador la posibilidad de actuar con seguridad en todo momento. Una interfaz Hombre-Máquina o HMI, Human Machine Interface, por sus siglas en inglés, es un sistema que presenta datos a un operador y a través del cual éste controla un determinado proceso.

Interacción Hombre-Máquina (IHM) o Interacción Hombre-Computadora tiene como objeto de estudio el diseño, la evaluación y la implementación de sistemas interactivos de computación para el uso humano, así como los principales fenómenos que los rodean.

Características del Basic Panels PROFINET

Hardware estándar para distintas aplicaciones:

- ✓ Permite controlar varias aplicaciones según el requerimiento del operador.

- ✓ Posibilidad de modificaciones futuras sin parar el proceso; mediante el software se puede modificar las condiciones de trabajo para la obtención del proceso deseado.
- ✓ Posibilidades de ampliación: se puede reemplazar y añadir dispositivos de acuerdo al crecimiento del proceso en la industria.
- ✓ Interconexión y cableado exterior: Es muy baja ya que sustituyen sistemas cableados (elementos Físicos como botones, interruptores, equipos de relés, lámparas, leds) por sistemas programables compactos.
- ✓ Tiempo de implantación: Es muy corto.
- ✓ Mantenimiento: es más fácil ya que se lo realiza mediante el programa que fue previamente cargado en el proceso que está siendo objeto de control.
- ✓ Configuración: permite definir el entorno de trabajo del SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- ✓ Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta.
- ✓ Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando pre programado a partir de los valores actuales de variables leídas. Gestión y archivo de datos: almacenamiento y procesado ordenado de datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

Los paneles SIMATIC HMI Basic Panels han sido diseñados para operar a la perfección con el nuevo controlador SIMATIC S7-1200.

5. ANALISIS FINANCIERO

Un **estudio financiero de un proyecto** tiene como objetivo detectar los recursos económicos para poder llevar a cabo un proyecto. Gracias a este análisis se calcula también el costo total del proceso de producción, así como los ingresos que se estiman recibir en cada una de las etapas del proyecto.

La información generada durante este estudio financiero nos dirá la viabilidad del proyecto en términos económicos (Costo-Beneficio). Esta viabilidad es lo que denominamos evaluación financiera de proyectos.

Componentes importantes para la elaboración:

1. **Ingresos.** La base de los valoraciones y conclusiones del estudio.
2. **Costos.** Se trata del costo total del producto o servicio que fijemos. Aquí entran desde el coste unitario, de materia prima, costos indirectos de fabricación, así como la producción directa.
 - ✓ **Costos directos:** Son el conjunto de gastos que se asocian a la construcción del carrete, denominados también como costos de producción, los más usuales son los valores de materia prima y de mano de obra.
 - ✓ **Costos de materia prima:** Corresponden al valor de los materiales utilizados en la construcción del sistema de automatización de la marmita.
 - ✓ **Costo de mano de obra:** Son los precios de los esfuerzos físicos y mentales que se emplean durante el proceso de automatización.
 - ✓ **Costos indirectos:** Comprenden aquellos costos que no son ni materiales ni mano de obra.

3. **Flujo de caja:** Un factor de mucha relevancia de un buen flujo de caja es la determinación del horizonte de evaluación que, en una situación ideal, debería ser igual a la vida útil real del proyecto, del activo o del sistema que origina el estudio. De esta forma, la estructura de costos y beneficios futuros de la proyección estaría directamente asociada con la ocurrencia esperada de los ingresos y egresos de caja en el total del periodo involucrado.

Un flujo de caja se estructura en varias columnas que representan los momentos en que se generan los costos y beneficios de un proyecto. Cada momento refleja dos cosas: los movimientos de caja ocurridos durante un periodo, generalmente de un año, y los desembolsos que deben estar realizados para que los eventos del periodo siguiente puedan ocurrir. (SAPAG N. C., 2011)

4. **Valor Actual Neto (VAN).** Nos dirá lo que ganaríamos a día de hoy, como si el dinero que vamos a percibir en el futuro lo recibiéramos hoy.

El valor anual uniforme (VA) significa que todo los ingresos y desembolsos (irregulares y uniformes) son convertidos en una cantidad anual uniforme equivalente, que es la misma en cada periodo.

Se debe tener presente para el valor del VAN los criterios descritos en la tabla 2:

Tabla 2. Criterios de aceptación VAN.

VAN > 0: Inversión interesante	No es importante cuánto mayor a cero sea el valor, esto es una ganancia extra después de aplicar una TMAR conveniente.
VAN = 0: Inversión indiferente	Se gana solamente lo considerado en TMAR. Se puede aceptar la inversión, pero con la ganancia mínima
VAN < 0: Inversión con pérdidas	En caso de contabilizar pérdidas, se debe rechazar el proyecto.

Fuente: 1. (IBUJÉS, 2015, pág. 9).

Para determinación de cálculos del VAN:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+r)^t}$$

Donde:

I_0 : Inversión inicial del proyecto

Ft : Flujos futuros

r : Tasa de retorno

t : Número de años

5. **TIR o Tasa Interna de Retorno o Rentabilidad.** Corresponde a la media de los rendimientos futuros estimados de una inversión. Nos dirá si es oportuno reinvertir. Para ello, el Valor Actual Neto debe ser igual a cero.

El proyecto resulta interesante económicamente, cuanto mayor sea el valor del TIR.

Para determinación de cálculos de la TIR:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0$$

Para concluir, Los dos parámetros empleados a la hora de calcular la viabilidad de cualquier proyecto **son el valor actual neto y la tasa interna de retorno**; parten de la condición de que el valor del dinero cambia con el paso del tiempo. Ambos se basan en la estimación de los flujos de fondos en distintos periodos por lo general años o meses a los que se les aplica una tasa de descuento.

Este proyecto de mejora, también se puede abordar como un proyecto de inversión porque desde una perspectiva más global se pueden entender como una intervención en un medio para dar solución a una problemática existente y lograr un cambio deseado.

Lo cual, permite justificar la intervención desde diferentes puntos de vista para dar solución a una problemática, incluso es un enfoque donde se pueden estimar ventajas y desventajas que se derivan de asignar recursos para la producción de un bien o servicio.

6. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

Hoy en día las empresas están buscando la manera de optimizar sus procesos, a través de estrategias de optimización ya sea dirigida a sus recursos tanto económicos, materiales y humanos, implementando sistemas de reducción de costos, mejora en las maquinarias y equipos en los procesos, con talento humano calificado; con la finalidad de aumentar su producción y competitividad en el mercado, es especial en el sector de la cosmética en general.

Existen diversos estudios y proyectos que se apoyan en diferentes herramientas para la optimización de procesos del sector cosmético, que centran su interés en el mejoramiento de sus procesos productivos, tales como:

ESPÍATELA M, MAYRON; MORALES M. JUAN; RAMOS ORTIZ, LEONARDO. (2019). “ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE INSECTICIDA DE LA EMPRESA DOW QUÍMICA CARTAGENA”.

Plantea un análisis de viabilidad económica de la propuesta de mejora en el horno de vapor de la línea de insecticidas de Dow Química Cartagena, mediante la evaluación de indicadores de bondad financiera. A partir del diagnóstico del consumo y costo de energía eléctrica actual de la línea de insecticidas; presentando la propuesta de mejora, mediante información detallada de las características técnicas del variador de velocidad que requiere el horno de vapor para su eficiente desempeño.

Metodología empleada: Datos históricos, Muestreo y la observación directa.

Herramientas aplicadas: Diagramas causa-efecto, Gráficos y diagrama de procesos.

Logros:

- ✓ Logran determinar a través del análisis del diagrama de causa efecto, que la empresa no cuenta con mecanismos o herramientas de medición y control del consumo de energía eléctrica por equipos.
- ✓ Se puede comprobar que mediante la implementación de un variador de velocidad en el horno de vapor la empresa tendrá menores costos de consumo de energía eléctrica.
- ✓ Se evidencia a partir del análisis de los escenarios que la propuesta es viable financieramente ya que los beneficios se obtienen incluso en el escenario pesimista con un 20% de ahorro.
- ✓ Por medio del análisis de sensibilidad se muestra que incluso con un porcentaje de ahorro eléctrico del 17.71%, la empresa continúa recibiendo beneficios.

CALDERON CASTILLO (2018) “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE MEJORA PARA LOGRAR EL BUEN USO DE HORAS HOMBRE Y HORAS MAQUINA EN EL ÁREA DE ENVASADO N°3 DE UNA PLANTA FARMACÉUTICA”. Tiene como objetivo desarrollar un estudio de métodos que permita un mejor método y tiempo en el proceso de envasado N°3 de la planta farmacéutica. Planteando la mano de obra directa que permita el buen uso de horas hombre y horas máquina en el proceso, además determinar la influencia económica de la implementación de la estrategia de mejora para lograr el buen uso de los recursos en el proceso de envasado N°3 de la planta farmacéutica.

Metodología empleada: Datos históricos, Muestreo y la observación directa.

Herramientas aplicadas: Diagrama Bimanual.

Logros:

- ✓ Con el estudio de métodos en el envase N°3 se pudo realizar mejoras en dicho proceso, tales como implementar un mejor método de trabajo que facilitó la labor y

redujo los tiempos de las actividades manuales, incrementando su capacidad de frascos por minutos.

- ✓ Se identificaron aquellas actividades que eran cuello de botella dentro de este proceso, y poder trabajar en ellas.
- ✓ Con el estudio de métodos se pudo reducir de 7 a 5 operarios y de más de 20 de proceso a 14 horas estándar en el proceso de envasado N°3
- ✓ Se logró reducir en 6 horas máquina y 70 horas hombre por cada lote envasado en el área de envase N°3
- ✓ A nivel de sección se logró reducir las horas hombre en 9.24% y las horas máquina en 23.2%.
- ✓ Se logró demostrar estadísticamente la diferencia de medias en el uso de recursos horas hombre y horas máquina antes y después de la implementación, con un nivel de confianza del 95%, comprobando la afirmación de las hipótesis planteadas.

ARANDA RODRIGUEZ, KAREN; OVIEDO GALLO Y DANTE ANDRÉ (2017) “PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PROCESOS DE PRODUCCION, ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DE UNA EMPRESA DE PRODUCTOS COSMETICOS E HIGIENE” Su objetivo es contribuir con el mejoramiento orientado a los procesos gestión de almacenes, producción y despacho de una empresa que se dedica a la producción y comercialización de cosméticos e higiene. Para el desarrollo de este proyecto se llegó a contar con el apoyo de personal administrativo y operativo de las diferentes áreas que componen la empresa.

Metodología empleada: Análisis documentarios, informes técnicos y datos históricos, además, de encuestas, muestreo y la observación directa.

Herramientas aplicadas: Hojas de verificación, diagrama de Pareto, histograma, diagrama de dispersión, diagrama Ishikawa.

Logros:

- ✓ Aplicación de las 5's, se mejoró la productividad del sistema, al incrementar un operario y las prácticas de mejora continua, como mantenimientos entre otros.

- ✓ Mediante el tiempo medio entre fallas se logró determinar con mayor exactitud la frecuencia de las actividades de acuerdo con el método gráfico elaborado, además de hacer uso de manuales.
- ✓ La producción de tintes llegaría a incrementarse en un aproximado de 3%, ya que se lograría reducir las paradas de las máquinas con la elaboración del plan de mantenimiento.
- ✓ De acuerdo con el análisis ABC del almacén, se detectó que el tinte, la crema acondicionadora y las decoloraciones son los productos que generan mayor impacto en el costo de almacenamiento respecto todos los productos restantes, puesto a que estos productos representan más del 80% del movimiento en el almacén.
- ✓ La ejecución del plan de mantenimiento preventivo en la empresa puede reducir las horas extras de la planta, originando un ahorro de S/ 3,027.42. El costo restante que es el 10% es usado en la aplicación del mantenimiento a los equipos.
- ✓ Debido a la implementación del plan de mantenimiento se optimizó las líneas de producción originando un flujo continuo. Esto, permitirá que el proceso de elaboración del tinte alcance el tiempo estándar de 3.12 horas/barril.

AGUIRRE HERNÁNDEZ, L. J (2016) “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA LÍNEA DE LABILES COSMÉTICOS DE LA EMPRESA ABC”. Consiste en exponer el proceso productivo de una línea de labiales que maneja la empresa ABC, permitiendo la identificación de posibles falencias en el proceso productivo, para posteriormente plantear alternativas de mejoramiento que permitan optimizar las funciones que están generando cuellos de botella y falencias en el cumplimiento de las entregas de pedidos.

Metodología empleada: Información directa de la empresa ABC sobre los informes de gestión, centro de costos donde se manejan los tiempos de cada orden de producción, índices de documentación de producción, procedimientos.

Herramientas aplicadas: Diseño de planta, Diagrama de proceso y de flujo.

Logros:

- ✓ La apertura de órdenes de fabricación para la masa, se deben realizar antes de que se realice la apertura del producto terminado para no generar tiempos improductivos en máquina.
- ✓ Adjuntar ficha técnica, patrón y especificaciones a cada orden de fabricación y cada orden de producción para no incurrir en errores.
- ✓ Validar insumos al iniciar cada orden de producción si se realiza adición de devolución, tener presente las unidades envasadas y los defectos presentados en cada centro de trabajo para tener claro el dato real que se debe entregar por cada orden de producción.
- ✓ Verificar masa de fabricación real entrega Vs requerimiento de la orden de producción, desde el inicio de envasado se validan los materiales y para cuantas unidades me alcanza la masa entregada.

REYES ZOTELO, Y. (2016). “UN MODELO PARA LA PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA Y CUIDADO PERSONAL”. Desarrollar una modelo para planear la producción en un horizonte de tres meses con base en el pronóstico generado con las ventas históricas semanales, de forma tal que periodo a periodo se defina la cantidad de lotes a producir, los niveles de inventario, el tiempo ocioso y extra para cada recurso. El modelo propuesto deberá minimizar los costos por tiempo ocioso y extra, así como los costos derivados de producción e inventario, al mismo tiempo que se ajusta a un sistema con recursos limitados. Todo esto apoyado de herramientas teóricas que sustentan la información a través de la cual el modelo funciona.

Metodología empleada:

- ✓ Clasificación de productos, modelos probabilísticos de demanda: Utilizando los datos históricos.
- ✓ Métodos de pronóstico: Se realizó mediante el modelo de Holt Winters.

- ✓ Modelo de optimización: Con el pronóstico calculado y lo costos de inventario, producción, tiempo ocioso, tiempo extra, nivel de servicio, etcétera.

Logros:

- ✓ Esta investigación presenta un modelo cuantitativo para la planeación de producción de los artículos con mayor importancia económica para la empresa de estudio. Está construido a través del seguimiento de una metodología desarrollada de acuerdo con diferentes conceptos y herramientas que ofrecen una base teórica para la toma de decisiones.

MOSQUERA MARMOLEJO, L. M (2015) “DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE UNA LINEA DE HIGIENE CAPILAR PARA CABELLO NEGROIDE”.

El objetivo es diseñar un sistema de producción y operación para desarrollar una línea de productos capilares (champú) exclusiva para el cabello tipo negroide, debido a la necesidad de mercado y su demanda en la población afrocolombiana.

Metodología empleada: Observación directa, análisis de encuestas, revisiones bibliográficas.

Herramientas aplicadas: Diagramas de caracterización, diagrama de procesos, de flujos, el layout, VSM o mapa de flujo, Matriz DOFA Y Matriz PEST.

Logros:

- ✓ Diseño de un sistema de producción y operaciones para una línea de producto capilar, que se ajusta a las necesidades de la población con cabello tipo negroide.
- ✓ Al realizar el estudio de mercado se obtuvieron resultados positivos en cuanto a la aceptación del producto en todas sus características físicas y de precio, lo cual nos permitirá crear estrategias acertadas en cuanto a los sistemas de producción y operaciones
- ✓ Se crea un producto cosmético (Champú), que satisface las necesidades del mercado, ajustándose a los requerimientos de funcionalidad que busca la población

- ✓ Contemplar la posibilidad de mejorar la productividad de la línea de envase, mediante la modificación del proceso, sustituyendo el envasado manual, por el uso de una envasadora, efectuando un análisis de costos.

RICAURTE LUCÍN, FÉLIX (2014) "OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUE SE DESARROLLAN EN LA EMPRESA SADINSA S.A.". UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR. Desarrollar un estudio que ofrezca optimizar los procesos mediante herramientas de moja continua que permitan perfeccionar la gestión de los proyectos de la empresa Sadinsa S.A

Metodología empleada: Análisis documentarios, informes técnicos y datos históricos de la empresa, además, de encuestas, muestreo y la observación directa.

Herramientas aplicadas: Mapa de procesos, Diagramas de procesos y de flujo, causa-efecto, de gatt, de dispersión, funciones cruzadas, gráficos de barras. Análisis DOFA.

Logros:

- ✓ Gestión de indicadores de gestión y proyección
- ✓ Organización de las actividades, recursos y mejorando la asignación de trabajo del personal.

Cada una de estas investigaciones y proyectos van a permitir, comprender y facilitar en gran medida, como de desarrollan procesos productivos a través de la implementación de herramientas de automatización industrial y la administración adecuada de los recursos de la empresa **EURO STYLE SAS**.

7. MARCO CONCEPTUAL

Proceso: Conjunto de actividades relacionadas entre sí o que interactúan, transformando elementos de entrada en elementos de salida. ISO 9001, (2015)

Proceso industrial: Conjunto de actividades mediante las cuales uno o más factores productivos se transforman en productos. FERNANDEZ AVELLA, Y FERNANDEZ (2006)

Procesos de fabricación: Conjunto de operaciones unitarias necesarias para modificar las características de las materias primas. Baca, Gabriel (2014)

Sistemas de producción: Todo un conjunto de procesos, procedimientos, métodos o técnicas que permiten la obtención de bienes y servicios, gracias a la aplicación sistemática de unas decisiones que tienen como función incrementar el valor de dichos productos para poder satisfacer unas necesidades. (Bueno, 2011).

Mapa de procesos: Diagrama que describe, de manera general, los principales procesos que se llevan a cabo en una empresa u organización y la relación existente entre estos. Detallan el flujo de la información, clientes, equipos o materiales a través de los distintos pasos de un proceso. Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008).

Productividad: Un incremento de la producción a partir del desarrollo de la capacidad productiva del trabajo sin variar el uso de la fuerza de trabajo, en tanto que la intensidad del trabajo es un aumento de la producción a partir de incrementar el tiempo efectivo de trabajo (disminuyendo los tiempos ociosos y/o aumentando la jornada laboral). Marx. (1980)

Eficiencia: Uso adecuado de los recursos para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Optimización: Acción y efecto de optimizar. (RAE)

Optimizar: Buscar la mejor manera de realizar una actividad; optimar. (RAE)

Tiempo: Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento.

Tiempo normal: Tiempo requerido para realizar una operación de acuerdo con el ritmo de trabajo del operario.

Tiempo estándar: Tiempo normal de operación con ajustes por suplementos relacionados con retrasos inevitables tales como fatiga, necesidades personales, paradas inevitables entre otros.

Holgura: Tiempo en el que se puede retrasar una actividad sin inferir la terminación del proyecto (CIO).

Marmita: Olla o Herramienta metálica en forma de tanque que permite la fundición de insumos (RAE).

Costos: Es el valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien, servicio o actividad. Todo proceso de producción de un bien supone el consumo o desgaste de una serie de factores productivos, por lo que el concepto de coste está íntimamente ligado al sacrificio en que se incurre para producir tal bien. Bueno Campos, E., Cruz Roche, I. y Durán Herrera, J. J. (1989)

Egresos: Los **egresos** aluden a los gastos y a las inversiones. Mientras el gasto aumenta las pérdidas o disminuye el beneficio. El gasto supone un desembolso financiero, ya sea movimiento de caja o bancario.

Las inversiones y los costos, por su parte, también supone el egreso de dinero. no obstante, se trata de desembolsos que se hacen con el fin de obtener ingresos en el futuro. Al comprar una materia prima, una compañía realiza un gasto, pero, al transformar dicha materia, se convierte en un producto terminado que generará ingresos con su venta. (FULLANA & PAREDES, 2008).

Ingresos: Incrementos en el patrimonio neto de la empresa durante el ejercicio, ya sea en forma de entradas o aumentos en el valor de los activos, o de disminución de los pasivos, siempre que no tengan su origen en aportaciones, monetarias o no, a los socios o propietarios, en su condición de tales. Plan General de Contabilidad (PGC, 2007)

8. MARCO LEGAL

En Colombia se cuenta con las siguientes regulaciones que informan sobre procesos manufactureros de productos cosméticos y los temas para tener en cuenta para la investigación son los siguientes:

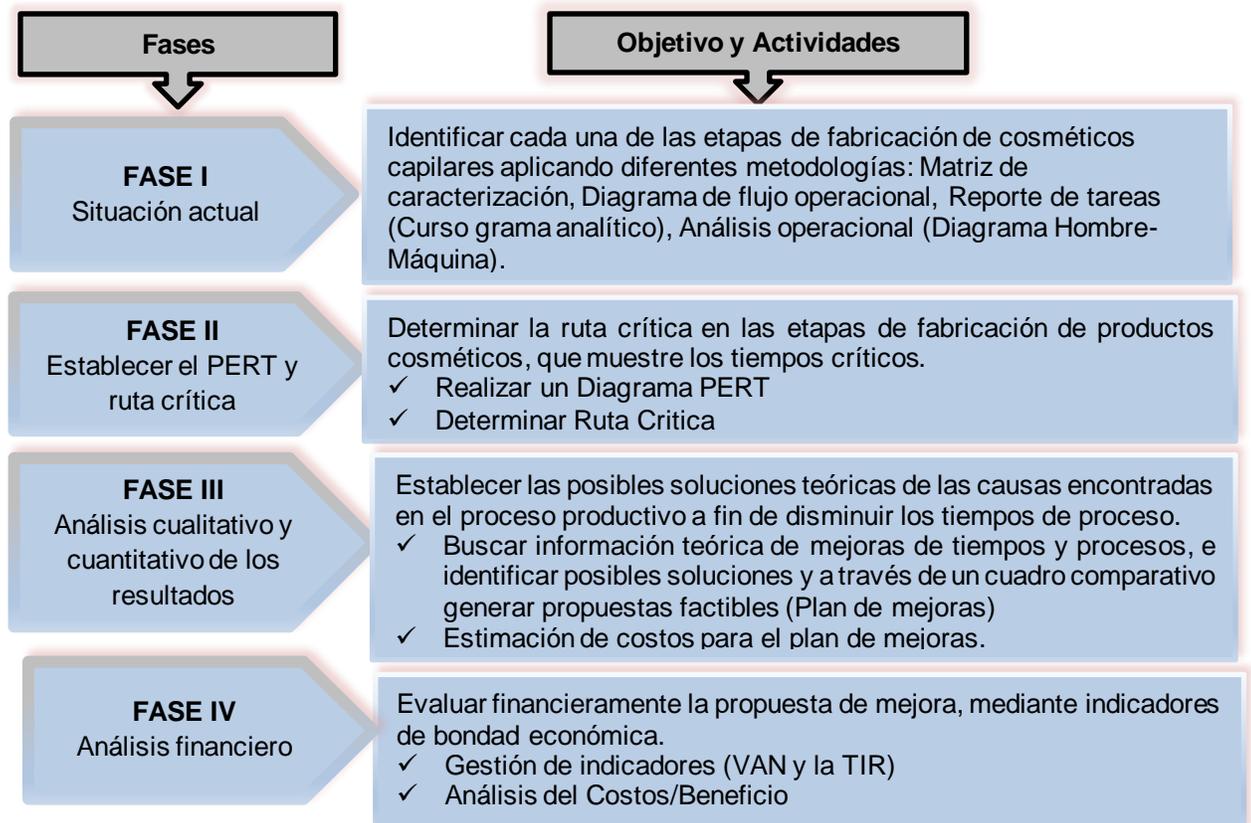
- ✓ **Circular 041 de 2003 INVIMA:** Por la cual se unifica el sistema de codificación de los productos cosméticos
- ✓ **Circular externa 100-00138-04 de 2004 INVIMA:** Fecha de vencimiento de los productos cosméticos
- ✓ **Decreto 219 de 1998 Ministerio de Salud.** Por el cual se reglamentan parcialmente los regímenes sanitarios de control de calidad, de vigilancia de los productos cosméticos, y se dictan otras disposiciones.
- ✓ **Decreto 612 de 2000 Ministerio de Salud.** Reglamenta la expedición de registros sanitarios automáticos para alimentos, cosméticos y productos varios.
- ✓ **Decisión 516 de 2002.** Pacto Andino Armonización de Legislaciones en materia de Productos Cosméticos
- ✓ **Resolución 2511 de 1995.** Ministerio de Salud Se adopta el manual de normas técnicas de calidad - Guías Técnicas de Análisis del INS, para el control de calidad de los cosméticos.
- ✓ **Resolución 2512 de 1995.** Ministerio de Salud Se adopta el manual de buenas prácticas de manufactura cosmética versión 199.

- ✓ **Resolución 2800 de 1998.** Ministerio de Salud Reglamentación sobre las buenas prácticas de manufactura cosmética para productos importados.
- ✓ **Resolución 3112 de 1998.** Ministerio de Salud Se adoptan las normas sobre nuevas prácticas de manufactura para productos cosméticos.
- ✓ **Resolución 2003024596 de 2003.** INVIMA Por el cual se unifica el sistema de codificación de los productos cosméticos
- ✓ **Resolución 797 de 2004.** Comunidad Andina Reglamento de la decisión 516 sobre Control y Vigilancia Sanitaria de Productos Cosméticos
- ✓ **Resolución 3773 de 2004.** Ministerio de la Protección Social Por la cual se adopta la Guía de Capacidad para la Fabricación de Productos Cosméticos
- ✓ **Resolución 3774 de 2004.** Ministerio de la Protección Social Por la cual se adopta la Norma Técnica Armonizada de Buenas Prácticas de Manufactura Cosmética y la Guía de Verificación de Buenas Prácticas de Manufactura Cosmética

9. METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolla en el marco del paradigma descriptivo, debido a que se recolectaran datos sobre diferentes aspectos acerca del proceso de fabricación de productos cosméticos capilares en la empresa **EURO STYLE SAS**, información que será obtenida a través de la observación directa, con la cual se pretende identificar el proceso actual de la empresa y evaluar las posibles actividades y procesos susceptibles a mejorar dentro del proceso y con ello buscar optimizar los recursos, tanto productivos, materiales, recurso humano, económicos y financieros.

Para el desarrollo del presente proyecto, se establece una metodología de trabajo, dividida en 4 Fases, de las cuales nos va a permitir generar unos resultados, que está comprendida desde la situación actual de la empresa hasta la obtención de una estrategia de mejoras para los tiempos del proceso de producción de la empresa Euro Style Sas:



5.1. Tipo de investigación

El enfoque de esta investigación será de carácter descriptivo y comparativo, ya que asocia variables y describe las tendencias sobre un grupo estudiado, busca especificar las propiedades y características sobre lo que se está analizando; y además se está utilizando herramientas y conocimientos de la ingeniería industrial ya existentes para lograr el buen uso de los recursos del proceso de fabricación de productos cosméticos capilares.

Para el proceso de obtención de datos e información, se realizaron visitas a la empresa Euro Style sas, y a través de la observación directa, entrevistas con el gerente y operario de proceso; se facilitó conocer la empresa, su forma de operar, recolectando información estandarizada, y además permitió la interacción con el proceso y con esto, obtener los datos suficientes del proceso de fabricación de productos cosméticos capilares.

9.1 POBLACIÓN Y MUESTRA.

La empresa en estudio es EURO STYLE S.A.S. ubicada en la ciudad de Cartagena 1 km Mamonal Cra 7 #56^a – 26.

- ✓ La población está determinada por el Departamento de Producción.
- ✓ La muestra está representada por la sección 2 del área productiva donde se ejecutan las actividades de la etapa de fabricación de productos cosméticos capilares del proceso productivo.
- ✓ Se realizaron 3 secciones de tomas de datos, para obtener tiempos reales de las actividades, tareas y equipos utilizados.
- ✓ Los productos Capilares.
- ✓ Los participantes representativos en la investigación: Gerente, (1) Personal operativo y el equipo de investigación del proyecto: Andrés Frías, Diana Aguas y Kelly Teherán.

10. RESULTADOS OBTENIDOS

En este apartado se desarrolla toda la información de reconocimiento de la empresa EURO STYLE SAS, y su proceso actual de procesos y procedimientos, cuya gestión se describe a través de un flujograma de procesos de ejecución, el mismo comprende todas las etapas desde que se recibe el plan o lote de producción hasta que finaliza.

Seguidamente se presenta el análisis y desarrollo de los objetivos propuestos a alcanzar, a través del desarrollo de herramientas de evaluación y reingeniería de procesos.

10.1. FASE I. SITUACION ACTUAL.

Matriz de caracterización del proceso de producción en la empresa Euro Style SAS

Figura 14. Matriz de caracterización del proceso de fabricación de producto capilar.

IDENTIFICACION DE LA EMPRESA	
Razón Social: Euro Style S.A.S.	NIT: 830.098.240-3
Dirección: Cra. 7 #56a - 26 Barrio Bellavista	
Teléfono: 657 1813	
Representante legal: Luigi Albino Ratti	

Número de Trabajadores:

Área	Hombres	Mujeres	Subtotal	Jornada Laboral
Administrativos	8	12	20	7:30 am - 5:00 pm
Operativos	27	30	57	7:30 am - 5:00 pm
Otros	1	2	3	7:30 am - 5:00 pm
Total	36	44	80	

Producto:	Línea de tintes capilares
Aspecto:	Líquido viscoso

Materias Primas: Alfa-Olefinas-Sulfonato (Materia activa), NaOH, HCL, Metilparabeno, Mono – Etilenglicol, Esencias.

Nombre del proceso	Zona o lugar	Actividades	Tareas	Duración de la tarea (min)	No de personas	Equipos/ Herramientas utilizadas	Materiales utilizados
T R A N S P O R T A D O D E	Producción	Inspección general del área productiva	Inspeccionar área de trabajo	0,5	1	Lista de chequeo de área	Hojas de papel y planilla
	Almacén de materias primas	Identificación y recepción de las materias primas según el orden de producción	Identificar las materias primas según el orden de producción	6	2	Balde	Planilla de control de salidas de almacén
			Seleccionar Materias primas				
	Área de pesado	Pesado y dispensado de las materias primas	Pesar unitario de Materias primas	6	1	Bascula de 35 kg	Hojas de papel y planilla de control de salidas
Dispensar activos e insumos							
Área de calentamiento	Transportar la materia prima del área de pesado a calentamiento	Llevar materias primas en recipientes.	1	1	Ollas de peltre		
		Iniciar sistema de calentamiento	Encender estufas eléctricas de 220V, indicando la su máxima potencia.	0,5	1	Estufa eléctrica (Panel de energía 1)	

Nombre del proceso	Zona o lugar	Actividades	Tareas	Duración de la tarea (min)	No de personas	Equipos/ Herramientas utilizadas	Materiales utilizados	
T R A N S F O R M A C I O N D E P R O D U C T O	Área de bombeo de agua desmineralizada	Identificación del panel de encendido	Accionar interruptor de encendido del panel de las bombas	0,5	1	Suich de encendido		
		Iniciar sistema de llenado de marmitas con agua desmineralizada	Identificación de Válvulas de control de agua en Marmitas		0,5	1		
			Abrir válvulas de paso manual hasta que quede en orientación igual a la tubería		0,5	1		
			Realizar el cálculo de la cantidad agua de acuerdo al cuaderno de nivel de agua, para medir el nivel de llenado de las marmitas		25	1	Cuaderno de nivel	
			Observar el contador hasta llegar al número señalado en el cuaderno de nivel			1	Contador de flujo	
			Cerrar válvulas de paso hasta que quede de forma perpendicular a la tubería		0,5	1		
	Producción	Activar sistema de enfriamiento	Identificar el panel de encendido del sistema de enfriamiento		0,5	1	Panel de energía	
			Accionar interruptor de encendido del panel de las bombas		0,5	1	Suich de encendido panel de energía	
			Verificar el nivel de agua de las chaquetas de las marmitas		0,5	1	Mirilla de nivel	
			Observar mirilla de nivel hasta que alcance nivel especificado		0,5	1	Mirilla de nivel	
			Accionar interruptor de apagado del panel de las bombas		1	1	Suich de encendido panel de energía	
		Calentamiento de máquinas con su sistema de resistencias 220v	Accionar interruptor de encendido del panel de máquinas		3	1	Suich de encendido panel de energía	
			Observar termómetro de aguja en la parte lateral de las máquinas		50	1	Termómetro de aguja (Alcanzar temperatura 75° C)	
	Área de calentamiento	Transportar Materia prima de área de calentamiento a Marmitas	Colocarse los guantes para superficies caliente		0,5	1	Guantes de seguridad para superficies calientes	
			Agarrar olla de peltre con materia prima fundida		0,5	1	Ollas de peltre	
			Trasladar ollas con materia prima al área de producción		1	1		
	Producción	Transformación de materias primas en las Marmitas	Adicionar Materias primas contenida en las ollas directo a las marmitas		3	1	Ollas de peltre	
			Verificar homogenización del producto		15	1		Mezcla sin divisiones no grumos
		Desactivar sistema de resistencia de 220V en máquinas		1	1	Panel de energía		
		Habilitar sistema de enfriamiento	Accionar interruptor de apagado del panel de las bombas		2	1	Panel de energía	
Verificar temperatura de enfriamiento de máquinas				50	1	Termómetro de aguja (Alcanzar 45°C)		

Nombre del proceso	Zona o lugar	Actividades	Tareas	Duración de la tarea (min)	No de personas	Equipos/ Herramientas utilizadas	Materiales utilizados
	Área de pesado	Identificación y traslado de las materias primas (Activos para producto en proceso)	Transportar materia prima (activos) al área de producción	1	1	Balde de 20 kg	
	Producción	Transformación de materias primas en las Marmitas	Adicionar Materias primas (Activos) contenido del balde directo a las marmitas	3	1	Balde de 20 kg	
			Verificar homogenización del producto en proceso	15	1		Mezcla sin divisiones no grumos
		Identificación de producto terminado para almacenamiento	Vaciar de producto terminado de las Marmitas a baldes de 20Kg	15	1	Balde de 20 kg	Manual
			Verter producto en baldes a granel de 100 Kg hasta marca de nivel	5	1	Balde de 100 kg	
		Transportar producto terminado a área de almacenamiento al granel	Colocar granel de 100 kg lleno en carreta de 400 kg de capacidad	3	1	Carreta cap. de 400 kg	
			Trasladar producto al granel a área almacenamiento de producto terminado	5			
	Bodega de almacenamiento	Almacenamiento temporal de producto al granel	Entregar al encargado de bodega gráneles de producto terminado	1	2		Planilla
					218 min		

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

A continuación, se presentan y describen diferentes factores que interactúan en el proceso, que además son importantes para el desarrollo del diagrama de flujo:

Manejo de materia prima

Las materias primas utilizadas en el proceso productivo están categorizadas de la siguiente manera (sólidos y líquidos):

- ✓ Producto oleoso (grasa)
- ✓ Producto Hidrosoluble (Disolventes en agua)
- ✓ Componente activo (dan al producto las características físicas)

Cada tipo de producto se encuentra almacenado y etiquetado para su uso y disposición.

Imagen 1. Materias Primas.



Fuente: Empresa, 2020.

Abastecimiento de materia prima

Es el proceso en el cual se seleccionan las materias primas a utilizar dentro del proceso en las cantidades especificadas en la receta del producto a fabricar; la materia prima es pesada y dispensada en el área destinada para tal fin de acuerdo a las fórmulas se hace este procedimiento para cada producto. Estas actividades se realizan de forma manual a través de una báscula que pesa en Kg los insumos, para luego ser trasladados al área de calentamiento.

Imagen 2. Bascula de pesado de materias primas.



Fuente: Empresa, 2020.

Sistemas de calentamiento de Materia prima-fases oleosas (Ollas)

En esta parte del proceso se tiene en cuenta que la materia prima de tipo oleosos es dosificada de forma manual en unas ollas para su proceso de calentamiento con la ayuda de una estufa eléctrica.

Imagen 3. Sistema de calentamiento de Materias primas

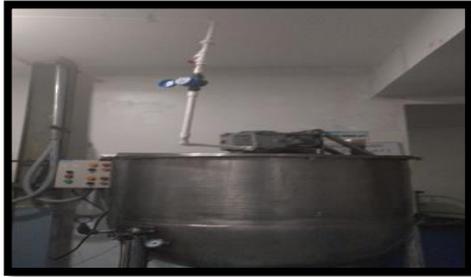


Fuente: Empresa, 2020.

Sistema de dosificación de agua (Tubería-Marmita Industrial)

En esta fase del proceso, a través de un sistema de tubería se suministra agua des ionizada a la marmita desde la parte superior y mediante un medidor de flujo magnético se controla la cantidad de agua. Sin embargo, este sistema de dosificación no estipula la cantidad requerida de acuerdo a la formulación, por tanto, el operario debe estar a cargo de la supervisión del límite a alcanzar según la receta.

Imagen 4. Sistema de dosificación de agua (Tuberías-Marmita Industrial)



Fuente: Empresa, 2020.

Sistema de calentamiento y enfriamiento (Marmita Industrial)

El proceso de calentamiento de productos se da mediante un proceso de intercambio térmico que consiste en calentar la chaqueta de la marmita (llena de agua) y encender el sistema de tres resistencias que trabajan a 220V y se debe alcanzar una temperatura máxima de 75° centígrados; para el control de la temperatura se cuenta con un termómetro analógico (sistema no automático). Tanto el encendido de las resistencias y el control de temperatura se da de forma manual.

Imagen 5. Sistema de calentamiento (Resistencias 220V)



Fuente: Empresa, 2020.

Sistema de enfriamiento

Posteriormente al proceso de calentamiento y homogenizado, se inicia el proceso de enfriamiento que consiste en encender una bomba de succión que extrae e inyecta agua a la chaqueta para bajar su temperatura y enfriar los productos.

Imagen 6. Sistema de enfriamiento

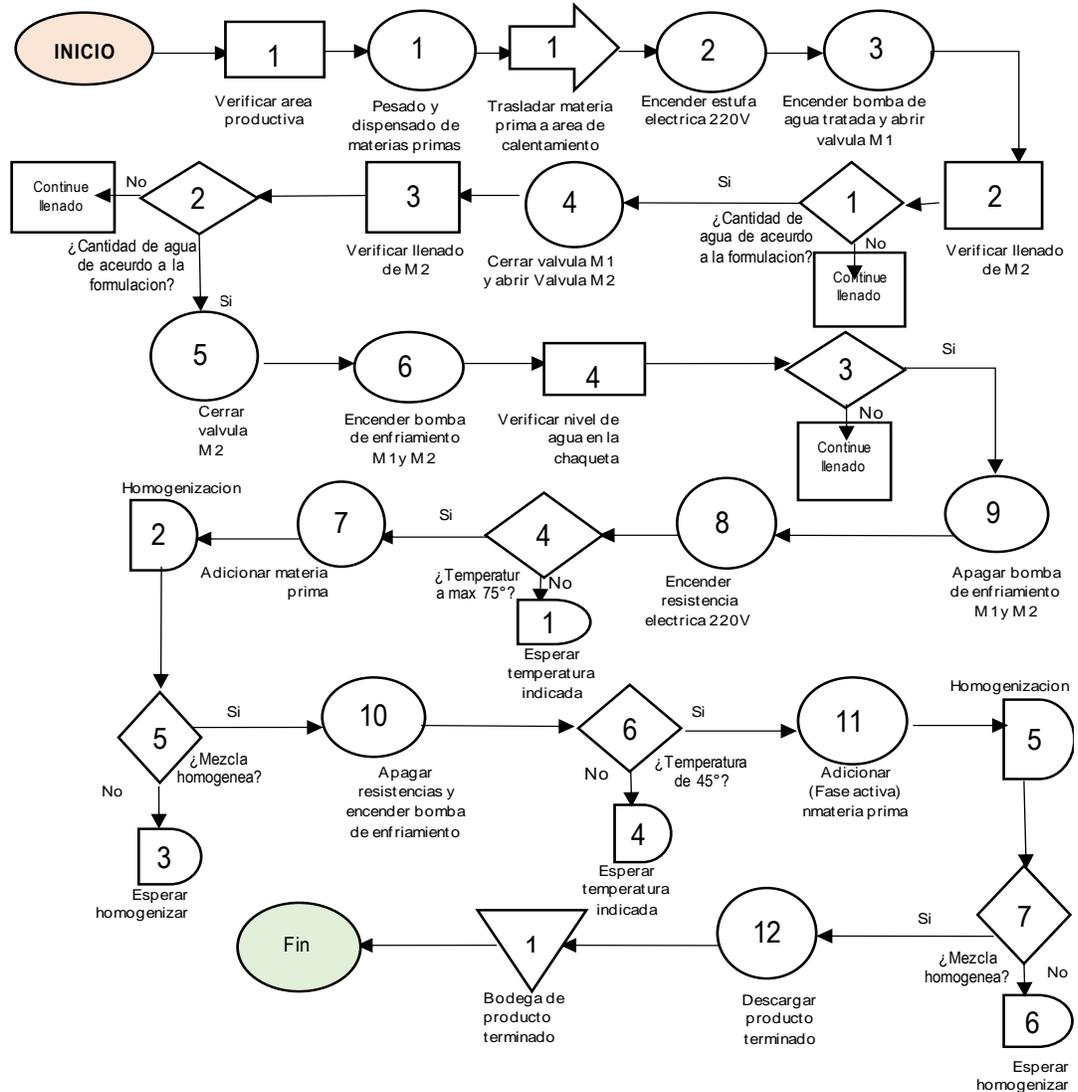


Fuente: Empresa, 2020

De acuerdo con toda la información obtenida del proceso y área de operación, procedemos a representar a través de un diagrama de flujo como se da el proceso de producción de un producto cosmético capilar, en todas sus fases contemplando el detalle de las actividades, tareas y los tiempos, donde se identificarán las entradas y sus respectivas salidas durante el proceso de fabricación. (Ver Figura 15)

10.1.1 Flujograma actual del proceso de producción.

Figura 15. Diagrama de flujo ACTUAL del proceso de producción.



Fuente: Elaboración Propia, 2019.

De esta manera se obtiene todo el recorrido y movimientos que se realizan en el área de producción, lo cual se observa que hay 12 actividades de inspección, 7 para la toma de decisión y 6 demoras representadas en la espera de que finalice una actividad para poder ejecutar la siguiente por parte del operario. En la siguiente tabla se discriminará cada una de las actividades que se ejecutan durante el proceso de fabricación de la empresa. (Ver tabla 3):

Tabla 3. Resumen de diagrama de flujo ACTUAL del proceso

Símbolo	Cantidad	Tiempo (Min)
Operación 	12	78
Inspección 	4	14
Decisión 	7	28
Demora 	6	21
Almacenamiento 	1	1
Transporte 	1	1

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Todas las actividades del proceso son manipuladas por el operario y son de decisión, por tanto, a medida que avanza el proceso según lo establecido dan como resultado una demora en los tiempos de fabricación al no poder realizar otras actividades simultáneas y son consideradas demoras normales del proceso. Se evidencia que el proceso es individualizado según cada actividad, es decir, no hay agrupación de actividades a realizar, aunque estas sean realizadas en las mismas máquinas.

Con el fin de identificar los parámetros que influyen, para mejorar del proceso de producción y determinar cuál es el impacto, las causas principales y secundarias que generan los problemas en la gestión de tiempos del proceso y entender un poco mejor la operatividad, se debe realizar un estudio más detallado del proceso conociendo la situación de la empresa actualmente. Por lo tanto, a continuación, se busca la medir la interacción que tiene el operario directamente dentro del proceso, realizando un análisis cuantitativo que detalle las tareas que ejecuta, en determinado tiempo y la distancia que

toma entre cada acción, a través de un curso grama analítica que muestra en la siguiente figura 16:

10.1.2 Curso grama analítico de las tareas del proceso de fabricación de producto capilar.

Figura 16. Curso grama analítico de las tareas del proceso de fabricación de producto capilar

CURSOGRAMA ANALÍTICO				✓ Operario				
DIAGRAMA		Hoja: 1 de 2		Resumen				
Producto: Producto cosmético capilar				Actividad	Actual	Propuesto	Economía	
Actividad: Pesaje, dispensado, calentamiento, enfriamiento, homogenización, vaciado				Operación	22			
Método: Actual				Inspección	9			
				Espera	4			
				Transporte	5			
				Almacenamiento	1			
				Distancia (Mts.)	22			
Lugar: Área de producción				Tiempo (Hrs.-Hom.)	111,5			
Operario (s): José Miranda		Fecha no. 1		Costo				
Compuesto por: Andrés Frías, Diana Aguas, Kelly Teherán		Fecha: 29/02/20		Mano de obra				
Aprobado por: Andy Cabarcas, María Mercedes		Fecha:		Material				
				TOTAL				
Descripción	Cantidad	Distancia (mts)	Tiempo (min)	Actividad				Observaciones
Verificar área productiva			0,5	○				Lista de cheque de áreas
Pesar materia prima			6	□				Utilizar bascula de 35 kg marca Adam
Dispensar de materia prima			6	D				Manual
Llevar materia prima al área de calentamiento		4	1	→				En ollas de peltre
Encender estufas eléctricas de 220v			0,5	▽				Utilizar panel de energía 1
Encender bomba de agua desmineralizada			0,5					Utilizar suich de encendido en área de bombas
Abrir válvula Marmita 1			0,5					Manual
Verificar llenado de Marmita 1			13					Verificar contador de flujo magnético
Cerrar válvula Marmita 1			0,5					Manual
Abrir válvula Marmita 2			0,5					Manual
Verificar llenado de Marmita 2			13					Verificar contador de flujo magnético
Cerrar válvula Marmita 2			0,5					Manual
Encender bomba de enfriamiento Marmita 1			0,5					Utilizar panel de energía 1
Encender bomba de enfriamiento Marmita 2			0,5					Utilizar panel de energía 2
Verificar nivel de agua de la chaqueta de Marmita 1			0,5					Verificar mirilla de nivel
Verificar nivel de agua de la chaqueta de Marmita 2			0,5					Verificar mirilla de nivel
Apagar bomba de enfriamiento Marmita 1			0,5					Manual
Apagar bomba de enfriamiento Marmita 2			0,5					Manual
Encender resistencias eléctricas de 220 v para calentamiento			0,5					Panel de energía 1

Encender resistencias eléctricas de 220 v para calentamiento			0,5						Panel de energía 2
Verificar temperatura de Marmita 1			0,5						Verificar termómetro de aguja
Verificar temperatura de Marmita 2			0,5						Verificar termómetro de aguja
Llevar materia prima de área de calentamiento a Marmita 1	2	1							Utilizar guantes reforzado superficie caliente
Llevar materia prima de área de calentamiento a Marmita 2	2	1							Utilizar guantes reforzado superficie caliente
Adicionar materia prima en Marmita 1			2						Parte superior de maquina
Adicionar materia prima en Marmita 2			2						Parte superior de maquina
Verificar homogenización del producto en Marmita 1			5						Mezcla sin divisiones no grumos
Verificar homogenización del producto en Marmita 2			5						Mezcla sin divisiones no grumos
Apagar resistencia de 220 V en Marmita 1			0,5						Manual
Apagar resistencia de 220 V en Marmita 2			0,5						Manual
Encender bomba de enfriamiento			1						Manual
Verificar temperatura de enfriamiento Marmita 1			0,5						
Verificar temperatura de enfriamiento de Marmita 2			0,5						
Llevar materia prima (activos) a área de maquina	3	1							Utilizar valdes de 20 kg
Adicionar materia prima activos Marmita 1			2						Parte superior maquina
Adicionar materia prima activos Marmita 2			2						Parte superior maquina
Verificar homogenización de aditivos en Marmita 1			5						Mezcla sin divisiones no grumos
Verificar homogenización de aditivos en Marmita 2			5						Mezcla sin divisiones no grumos
Vaciar de producto terminado de la Marmita 1			12						Utilizar valdes a graneles
Vaciar de producto terminado de la Marmita 2			12						Utilizar valdes a graneles
Llevar a bodega de almacenamiento de producto terminado	10	5							Carreta de 400 kg
Entregar en bodega el producto terminado	1	1							Entregar a jefe de bodega
TOTAL		22	111.5	22	9	4	5	1	

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

De lo anterior, se logró determinar que dentro del proceso productivo las tareas ejecutadas por el operario toman un tiempo de 1 Hora con 85 minutos, de las cuales hay tareas que se repiten constantemente y que en realidad son susceptibles a mejoras tales

como los encendidos/apagados de equipos, verificación de temperaturas y homogenizaciones de productos; entre otros. Durante este tiempo no se contempla el tiempo de ejecución de las maquinas dentro del proceso lo cual se evaluará más adelante en el desarrollo del diagrama Hombre-Máquina.

Para este caso se determinó que la mayoría de las actividades son netamente de operación lo que significa que el operario permanece en constante actividad durante cada turno de trabajo y el tiempo de ocio es mínimo, esto se debe a que el proceso es cien por ciento manual. Por lo tanto; el tema de encendido y apagado de equipos son necesarios dentro del proceso, al igual que las verificaciones de temperaturas y homogenización de productos por parte del operario debido a que las maquinas son totalmente dependientes su funcionamiento adecuado y controlado, ya que no cuenta con dispositivos automáticos de control de temperaturas, entre otros. Situación que obliga en muchos casos al operario a dejar de hacer otras actividades para estar al frente del control de estos dos sistemas, en el cual no debe permitir que la temperatura exceda los 75 °C establecidos en los POE.

A demás, la inferencia de las máquinas, también es un factor importante en los tiempos de producción debido a su funcionamiento simultaneo a cierto punto del proceso requiere que el operario atienda una mientras la otra está en proceso y no se tiene el control de los tiempos de operación, dicho proceso debe estar sujeto a permanente supervisión y verificación.

Dentro de las tareas la verificación es una de las más relevantes y que se repite 14 veces, seguido del encendido y apagado de equipos para un total de 11, todas estas en relación a un total de 41 tareas ejecutadas durante todo el proceso. A demás es importante contemplar el tema de transporte de productos a temperaturas altas es significativo, debido a la exposición del operario que lo transporta manualmente en los mismos recipientes de calentamiento (Ollas) y representan un riesgo por posible derrame de producto, que se puede dar por tropiezo o descuido del mismo operario que tiene que recorrer aproximadamente dos metros hasta llegar a la Marmita asignada.

10.1.3 Diagrama de análisis de la interacción Hombre-Máquina Actual.

Para el desarrollo proyecto a continuación se presentan herramientas que ayudaran a identificar las debilidades y oportunidades de la empresa, determinar las posibles causas y proponer alternativas que puedan disminuir el impacto sobre la gestión de los procesos de la empresa.

Con el fin de conocer los tiempos necesarios, para la realización de las operaciones en el proceso de producción de productos capilares, se procede a registrar tiempos, haciendo uso del equipo necesario como:

1. Cronometro (3 unidades),
2. Tabla de apoyo,
3. Hoja de registro de tiempos,
4. Lapicero y calculadora.

El estudio es realizado en el área de trabajo (Área de producción); a través de observaciones directas a una distancia considerable, de donde se está realizando el proceso, con el fin de visualizar todos los movimientos y procedimientos empleados en el método actual de trabajo, sin que el proceso de observación y análisis interrumpa las actividades realizada en el área.

A través un diagrama de hombre maquina se logró evidenciar todas y cada una de las actividades realizada por el operario y cada una de las maquinas (2 en total), además de cada uno de los tiempos que tarda realizar cada operación; esta información se encuentra representada de manera minuciosa a continuación: (Ver Figura 17)

Figura 17. Diagrama Hombre-Máquina del proceso ACTUAL de la empresa Euro Style Sas.

Tiempo (min)	Actividades Operario	Tiempo (min)	Actividades Maquina 1	Tiempo (min)	Actividades Maquina 2	Tiempo (min)
0,5	Verificar área productiva	0,5	Inactiva		Inactiva	
12	Pesar y dispensar materias primas maquina 1 y 2 (Búsqueda de materias primas en área de almacenamiento)	12				
1	Trasladar recipientes al área de calentamiento	1				
0,5	Encender estufas de calentamiento	0,5				
0,5	Encender bomba de agua des mineralizada	0,5				
0,5	Abrir llave de dosificación maquina 1	0,5				
13,5	Verificación de llenado y nivel de agua	13,5				
0,5	Cerrar llave 1 y abrir llave 2	0,5	Inactiva			
10	Verificación de llenado y nivel de agua	10				
0,5	Encender bomba de enfriamiento 1 y 2	0,5	Llenado de chaqueta	1	Llenado de chaqueta	1
0,5	Cerrar llave de salida de enfriamiento	0,5				
0,5	Verificar mirilla de nivel de agua	0,5				
0,5	Apagar bombas de enfriamiento 1 y 2	0,5	Inactiva		Inactiva	
1,5	Encender resistencias de máquina 1	1,5				
1,5	Encender resistencias maquina 2	1,5				
1	Inactivo	1	Calentamiento	50	Calentamiento	50
0,5	Verificación de temperatura	0,5				
9,5	Preparación de segunda fase maquina 1	9,5				
0,5	Verificación de temperatura	0,5				
10	Llenado de formatos de producción (manual) maquina 1	10				
5	Despeje de área de pesado de remanentes de producto maquina 1	5				
10	Preparación segunda fase maquina 2	10				
10	Llenado de formatos de producción (a mano) maquina 2	10				
0,5	Verificación de temperatura	0,5				
3	Inactivo	3				
1,5	Verter contenido olla 1 en maquina 1	1,5	Inactiva		Inactiva	
1,5	Verter contenido olla 2 en maquina 2	1,5				
10	Verificación de consistencia	10	Homogenización	10	Homogenización	14,5
1	Abrir llaves de enfriamiento maquina 1 entrada y salida	1	Enfriamiento	4,5		
0,5	Encender bomba de enfriamiento	0,5				
0,5	Abrir sistema de circulación de agua	0,5				
1	Apagado de resistencias maquina 1	1				
1,5	Toma de registro de temperatura alcanzada	1,5				

Tiempo (min)	Actividades Operario	Tiempo (min)	Actividades Maquina 1	Tiempo (min)	Actividades Maquina 2	Tiempo (min)
1	Abrir llaves de enfriamiento maquina 1 entrada y salida	1	Enfriamiento	25,5	Enfriamiento	50
0,5	Encender bomba de enfriamiento	0,5				
0,5	Abrir sistema de circulación de agua	0,5				
1	Apagado de resistencias maquina 1	1				
1,5	Toma de registro de temperatura alcanzada	1,5				
7,5	Preparación segunda fase maquina 1	7,5				
0,5	Verificación de temperatura	0,5				
11,5	Preparación segunda fase maquina 2	11,5				
0,5	verificación de temperatura	0,5				
1	Inactivo	1				
1,5	Adición segunda fase a máquina 1	1,5	Mezclando	1,5		
10	Verificación de consistencia	10	Homogenizar	10		
12	Descarga de producto maquina 1	12	Descargando	12		
1	Verificación de temperatura maquina 2	1	Inactiva	25		
2	Adición segunda fase a máquina 2	2			Mezclando	2
10	Verificación de consistencia	10			Homogenizar	10
12	Descarga de producto maquina 2	12			Descargando	12
185,5	Tiempo de Trabajo	185,5	-	128	-	149,5
185,5	Tiempo ocioso	5	-	57,5	-	36

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Tabla 4. Resumen de operaciones. Diagrama Hombre-Maquina

Tabla de resultados	Inactivo (Min)	Operando (Min)
Operador	5	180,5
Maquina 1	57,5	128
Maquina 2	36	149,5

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

De acuerdo con el anterior diagrama (Figura 15) se realiza un análisis detallado y porcentual separando cada uno de los tiempos de ejecución discriminados por Operario, Máquina 1 y la Máquina 2, dado a sus tiempos de inactividad y de operatividad se realizan

cálculos teniendo en cuenta la siguiente representación matemática, para el análisis de resultados:

$$\text{Saturación Operario} = \frac{\text{Tiempo productivo del operario}}{\text{Tiempo de ciclo total}} \times 100\% \quad \circ$$

$$\text{Inactividad de Operario} = \frac{\text{Tiempo ocio del operario}}{\text{Tiempo de ciclo total}} \times 100\%$$

La saturación del operario se puede calcular como el porcentaje del tiempo del trabajo del hombre (180.5 minutos) entre el tiempo total del ciclo (185.5 minutos) y su porcentaje de inactividad con respecto el valor restante.

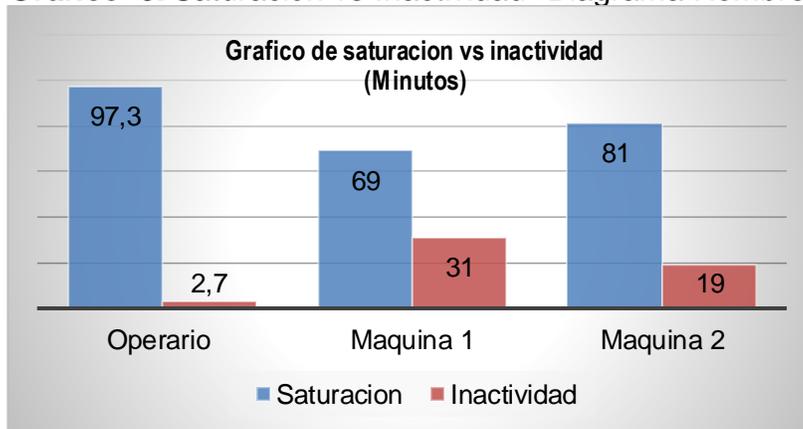
De esta manera se realizan todos los cálculos correspondientes obteniendo como resultado la siguiente tabla 5:

Tabla 5. Resumen porcentual de Saturación e inactividad del Diagrama Hombre-Maquina

Tabla de resultados	Saturación (Min)	Inactividad (Min)
Operador	97.3%	2.7%
Maquina 1	69%	31%
Maquina 2	81%	19%

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Gráfico 3. Saturación vs Inactividad- Diagrama Hombre-Maquina



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Se observa en el análisis gráfico que el operario tiene una tasa de inactividad de 2,7% con relación a su tasa de operatividad la cual es de 97,3% con esto se deja en evidencia la alta tasa de operatividad del operario, en cambio no se puede decir lo mismo de las máquinas que este opera, que debido a la tasa de operatividad de este en muchos casos la o las máquinas han quedado en largos periodos de inactividad por las razones conocidas ya en la investigación previa que se realizó a la empresa.

Dentro de este diagrama se deja en evidencia la sobre asignación a la que se encuentra expuesta el operario durante el proceso de fabricación de productos cosméticos en el sistema de producción por consiguiente esto lleva a largos periodos de inactividad o largos periodos de operación innecesarios.

Por lo anterior, se considera una mejora en las asignaciones del operario y analizar el entorno donde las máquinas no sean tan 100% dependientes del operario, sino que puedan realizar acciones por sí solas.

A demás, este resultado permite entender que en promedio se está utilizando un tiempo de 3 Horas/por lote producido real, esto es equivalente a tener una producción diaria de 3 Lotes por día, teniendo en cuenta una jornada de trabajo de 8 Horas laborales. Sin embargo, a continuación, se representa un análisis comparativo entre la producción estándar que es de 2 Horas por lote producido respecto a la producción real que estaría en 4 Lotes diarios Ver tabla 6:

Tabla 6. Comparativo de producción real. Tiempos de producción Vs. Lotes producidos

Comparativo de producción real. Tiempo Vs. Lote		
Producción	Tiempo Estándar	Tiempo Real
Tiempos min	120 min	185,5 min
Tiempo en Hora	2 horas	3 horas
lotes / 8 Horas	4 lotes	3 lotes

Fuente: Elaboración Propia, 2020

10.2 FASE II: ESTABLECER LA RUTA CRÍTICA DEL PROCESO, A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE PERT Y CPM.

A través de un tabla de PERT y un Diagrama de CPM se pretende establecer la ruta crítica del proceso que se está analizando con el fin de identificar las actividades que más tiempo de ejecución tienen y las cuales representan un aspecto importante durante el proceso, es decir, de estas actividades depende que el proceso se ejecute en el menor tiempo posible con respecto a tiempo estándar o el tiempo óptimo de ejecución, para esto se debe primero establecer la tabla de PERT con los tiempos y las dependencia antes evidenciadas con el diagrama Hombre-Máquina. Estas dependencias y tiempo se podrán apreciar a continuación: (Ver Tabla 7)

10.2.1 Programación de actividades con el Método PERT

Tabla 7. Programación de actividades -Método PERT

PERT			Minutos	a	m	b	Tiempo Esperado (Te)	Varianza
N° Actividades	Identificador	Actividades	Predecesora	Tiempo Optimista (To)	Tiempo más Probable _{TM}	Tiempo Pesimista (Tp)	$(a+m+b)/3$	$((b-a)/3)^2$
1	A	Verificación de áreas	-	0,5	1	2	1,08	0,06
2	B	Pesado de materiales	A	5	12	15	11,33	2,78
3	C	Traslado a área de calentamiento	B	1	1,5	2	1,50	0,03
4	D	Llenado de máquina 1	C	15	25	20	22,50	0,69
5	E	Llenado de máquina 2	D	15	25	20	22,50	0,69
6	F	Calentamiento maquina 1	E	30	50	60	48,33	25,00
7	G	Calentamiento maquina 2	E	30	50	60	48,33	25,00
8	H	Adición de fase oleosa 1	F	1,5	2	4	2,25	0,17
9	I	Adición de fase oleosa 2	G	1,5	2	4	2,25	0,17
10	J	Homogenización 1	H	10	15	15	14,17	0,69
11	K	Homogenización 2	I	10	15	20	15,00	2,78
12	L	Enfriamiento 1	J	30	35	40	35,00	2,78
13	M	Enfriamiento 2	K	30	50	60	48,33	25,00
14	N	Adición fase activa 1	L	2	2,5	3	2,50	0,03
15	O	Adición fase activa 2	M	2	2,5	3	2,50	0,03
16	P	Homogenización 1	N	10	10	15	10,83	0,69
17	Q	Homogenización 2	O	10	15	20	15,00	2,78
18	R	Descargue 1	P-Q	12	15	20	15,33	1,78
19	S	Descargue 2	R	12	15	20	15,33	1,78
				228	344	403	334,08	
Total							334,08	

Fuente: Elaboración Propia

Con estos datos se puede establecer la ruta crítica, que es el grupo de actividades dentro del proceso que tienen una holgura igual a “0”; lo que quiere decir que estas actividades se encuentran al límite del tiempo del proceso por ende si estas se retrasan así sea un poco el proceso tomara más tiempo del esperado en la tabla de PERT.

Tabla 8. Resumen de Tiempos de producción por lotes. Proyección PERT

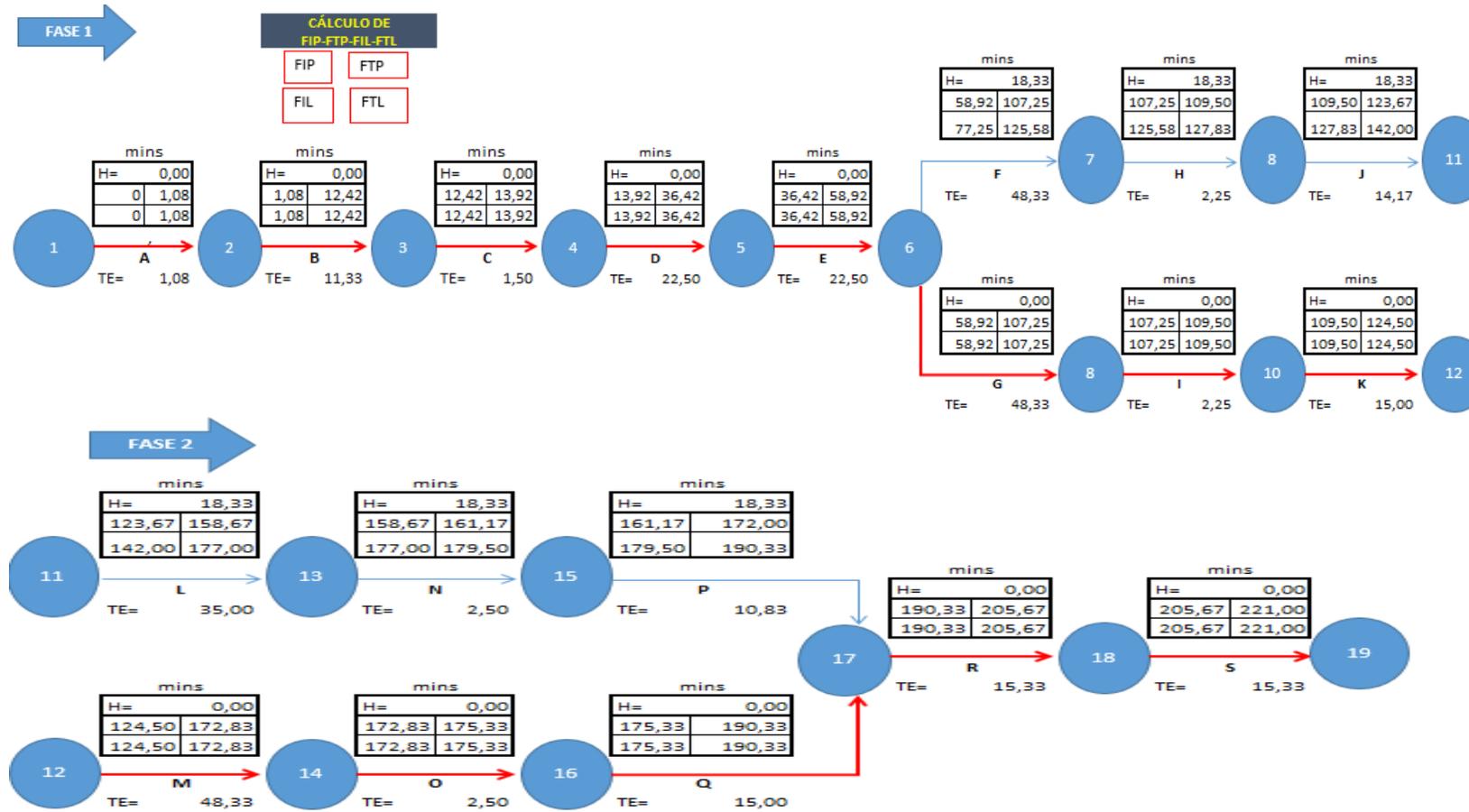
Tiempos de producción según la proyección del PERT	
Tiempo Optimista (T _o)	3,79 horas
Tiempo más Probable T ^M	5,73 horas
Tiempo Pesimista (T _p)	6,72 horas
Tiempo Esperado (T _e)	5,57 horas

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Por consiguiente, se establece la ruta crítica según las actividades que se ejecutan y se procede a realizar los cálculos correspondientes según la teoría aplicada:

10.2.2 Diagrama de CPM del proceso productivo Actual.

Figura 18. Diagrama de CPM del proceso productivo



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Luego de definir la ruta crítica como se aprecia en la figura 18, se procede a realizar el análisis de la misma con un nuevo PERT solo teniendo en cuenta los valores que toma la ruta crítica antes evidenciada, la cual tiene una duración de 205.67 minutos (3.42 horas) y un total de 13 actividades de un total de 19 total. Ver tabla 9.

Tabla 9. Actividades del PERT y Ruta crítica

N° Act.	Identificador	Actividades	HOLGUR A	¿ES RUTA CRITICA?	Varianza de la ruta crítica	Desviación estándar de la ruta	Tiempo de ruta crítica
1	A	Verificación de áreas	0	SI	0,06	0,25	1,08
2	B	Pesado de materiales	0	SI	2,78	1,67	11,33
3	C	Traslado a área de calentamiento	0	SI	0,03	0,17	1,5
4	D	Llenado de máquina 1	0	SI	0,69	0,83	22,5
5	E	Llenado de máquina 2	0	SI	0,69	0,83	22,5
6	F	Calentamiento maquina 1	18,33	NO	0	0	0
7	G	Calentamiento maquina 2	0	SI	25	5	48,33
8	H	Adición de fase oleosa 1	18,33	NO	0	0	0
9	I	Adición de fase oleosa 2	0	SI	0,17	0,42	2,25
10	J	Homogenización 1	18,33	NO	0	0	0
11	K	Homogenización 2	0	SI	2,78	1,67	15
12	L	Enfriamiento 1	18,33	NO	0	0	0
13	M	Enfriamiento 2	0	SI	25	5	48,33
14	N	Adición fase activa 1	18,33	NO	0	0	0
15	O	Adición fase activa 2	0	SI	0,03	0,17	2,5
16	P	Homogenización 1	18,33	NO	0	0	0
17	Q	Homogenización 2	0	SI	2,78	1,67	15
18	R	Descargue 1	0	SI	1,78	1,33	15,33
19	S	Descargue 2	0	SI	1,78	1,33	15,33
					63,57	20,33	205,65

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Con lo anterior, se puede concluir que para la determinación de la ruta crítica se optó por identificar el tiempo más largo para la terminación del plan de producción, además se representa con el color rojo que deja ver que en su mayoría las actividades del proceso el cual su holgura es de cero y requieren atención, sin descuidar las demás que hacen parte de la producción total.

Se logran identificar que las fases de donde interviene el operario son secuenciales y requiere la terminación de una actividad para poder ejecutar la siguiente y que las

maquinas dependen de la agilidad del operario para iniciar y cambiar su estado entre cada actividad.

Realizando un contraste entre los dos métodos utilizados (Hombre-Máquina y PERT) se pretende encontrar la probabilidad de que la ruta crítica (PERT) termine en el mismo tiempo que le toma al método de Hombre-Máquina terminar (185,5 Minutos vs 205.65 Minutos) para lo cual se aplica el método de distribución normal que se muestra a continuación:

10.2.3 Resultados de desviaciones criticas vs Tiempo Hombre-Máquina.

Tabla 10. Resultados de desviaciones criticas vs Tiempo Hombre-Máquina.

Análisis de resultados de desviaciones criticas vs Tiempo Hombre-Maquina			
Tiempo esperado ruta crítica (TERC)	Desviación estándar ruta crítica (DERC)	Varianza ruta crítica (CRC)	Tiempo Hombre maquina (THM)
205.65 minutos	20 minutos	63,57 minutos	185,5 minutos

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Teniendo en cuenta estos datos a utilizar se realizan los cálculos para encontrar el valor de Z el cual arrojará la probabilidad que el proceso de fabricación descrito en el PERT:

$$Z = \frac{THM - TERC}{DERC} = \frac{185,5 - 205.65}{20} = -1,01$$

La probabilidad de que la PERT y el Diagrama HOMBRE-MAQUINA tengan la misma duración está dada por la tabla de distribución normal donde el valor de -1,06 representa el 0,1562, es decir un 16%

$$Z = -1,01 = 0,1562 * 100 = \mathbf{15.62\%}$$

Este valor de probabilidad deja en evidencia que el proceso de fabricación de la empresa Euro Style se encuentra un porcentaje probabilístico del 16% muy bajo para lograr una óptima producción de proceso, analizando los datos anteriormente obtenidos tanto en el diagrama de Hombre-Máquina como en el PERT y CPM se logra evidenciar la poca productividad con la que cuenta actualmente la empresa en su línea de fabricación de tintes capilares, es decir, sus estándares de producción no se están cumpliendo a cabalidad en el tiempo establecido para la producción diaria, a partir de aquí se amplía en detalle cómo se puede mejorar el proceso, a través de la identificación de variables que influyen directamente el proceso y su integración con los factores (Recursos, Maquinaria y Mano de obra).

10.3 FASE III: ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE LOS RESULTADOS DE LA RUTA CRITICA Y ESTABLECER LAS POSIBLES ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO.

Para la mejora de los procesos productivos se debe llevar a cabo el análisis del proceso actual tal como se desarrolló en la fase 1 y fase 2, con el objetivo de detectar actividades que son susceptibles de ser mejoradas. Esto permite definir tanto las metas como los objetivos, así como el flujo de trabajo, los controles y la integración entre las diferentes actividades y/o procesos.

Por consiguiente, luego de realizar los análisis, aplicar algunas herramientas de ingeniería y métodos que se detallan en el Marco teórico, se hace una lluvia de ideas con el fin de plantear un listado de mejoras específicas de cada actividad descrita del proceso; sus aspectos y factores influyentes para su posible cambio y mejora de la misma.

A continuación, se plantea el plan de mejora por medio de un cuadro comparativo, a partir de la información obtenida inicialmente en la Herramienta Hombre- máquina, en la que se muestra la actividad actual y la propuesta de mejora. Ver Figura 19:

10.3.1 Plan de mejoras en variables críticas del proceso actual.

Tabla 11. Plan de mejoras en variables críticas del proceso actual.

MEJORAS PROPUESTAS QUE PARTEN DEL ANALISIS DEL DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA						
Item	Actividades del proceso actual	Actividad del operario	Maq. 1	Maq. 2	Actividad Crítica	Plan de acción propuesto
1	Verificar área productiva	X				**
2	Pesar y dispensar materias primas maquina 1 y 2 (Búsqueda de materias primas en área de almacenamiento)	X				Disponer de acuerdo a la orden de producción y la formulación, toda la materia prima requerida y previamente pesada y verificada.
3	Trasladar recipientes al área de calentamiento	X				**
4	Encender estufas de calentamiento	X				**
5	Encender bomba de agua des mineralizada	X				**
6	Abrir llave de dosificación maquina 1	X			Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de válvula que se active al momento de encender la bomba.
7	Verificación de llenado y nivel de agua	X	X		Crítica	Reemplazar la mano de obra en la verificación. Implementando un sistema de sensor que cierre la válvula cuando indique el nivel o capacidad
8	Cerrar llave 1 y abrir llave 2	X			Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de sensor que cierre la válvula cuando indique el nivel o capacidad
9	Verificación de llenado y nivel de agua	X		X	Crítica	Reemplazar la mano de obra en la verificación. Implementando un sistema de sensor de nivel de fluido que cierre la válvula cuando indique el nivel
10	Encender bomba de enfriamiento 1 y 2	X			Crítica	Reemplazar la mano de obra en la verificación. Implementando un sistema de sensor de temperatura que indique la temperatura a alcanzar
11	Cerrar llave de salida de enfriamiento	X	X	X		**
12	Verificar mirilla de nivel de agua	X	X	X	Crítica	Reemplazar la mano de obra en la verificación. Implementando un sistema de sensor de nivel de fluido que cierre la válvula cuando indique el nivel
13	Apagar bombas de enfriamiento 1 y 2	X			Crítica	Sistema de alerta que indique cuando la temperatura haya descendido hasta punto de 45°C.
14	Encender resistencias de máquina 1	X			Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de sensor de temperatura que indique la temperatura a alcanzar
15	Encender resistencias de maquina 2	X			Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de sensor de temperatura que indique la temperatura a alcanzar
16	Verificación de temperatura	X	X	X	Crítica	Sistema de sensor de temperatura
17	Preparación de segunda fase maquina 1	X	X	X		**
18	Verificación de temperatura	X	X	X	Crítica	Sistema de sensor de temperatura
19	Llenado de formatos de producción (a mano) maquina 1	X	X	X		**
20	Despeje de área de pesado de remanentes de producto maquina 1	X	X	X		**

Item	Actividades del proceso actual	Actividad del operario	Maq. 1	Maq. 2	Actividad Crítica	Plan de acción propuesto
21	Preparación segunda fase maquina 2	X	X	X		**
22	Llenado de formatos de producción (manual) maquina 2	X	X	X		**
23	Verificación de temperatura	X	X	X	Crítica	Sistema de sensor de temperatura
24	Verter contenido olla 1 en maquina 1	X				Actividad manual susceptible a mejoras
25	Verter contenido olla 2 en maquina 2	X				Actividad manual susceptible a mejoras
26	Verificación de consistencia	X	X			Actividad manual susceptible a mejoras
27	Abrir llaves de enfriamiento maquina 1 entrada y salida	X	X	X	Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de válvula que se active al momento de encender la bomba.
28	Encender bomba de enfriamiento	X	X	X	Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de válvula que se active al momento de encender la bomba.
29	Abrir sistema de circulación de agua	X	X	X	Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de válvula que se active al momento de encender la bomba.
30	Apagado de resistencias maquina 1	X	X	X	Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de sensor de temperatura que indique la temperatura a alcanzar
31	Toma de registro de temperatura alcanzada	X	X	X	Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de sensor de temperatura que indique la temperatura a alcanzar
32	Abrir llaves de enfriamiento maquina 1 entrada y salida	X	X	X	Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de válvula que se active al momento de encender la bomba.
33	Encender bomba de enfriamiento	X	X	X	Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de válvula que se active al momento de encender la bomba.
34	Abrir sistema de circulación de agua	X	X	X	Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de válvula que se active al momento de encender la bomba.
35	Apagado de resistencias maquina 1	X	X	X	Crítica	Reemplazar la mano de obra por la implementación de un sistema de sensor de temperatura que indique la temperatura a alcanzar
36	Toma de registro de temperatura alcanzada	X	X	X	Crítica	Sistema de sensor de temperatura
37	Preparación segunda fase maquina 1	X	X	X		**
38	Verificación de temperatura	X	X	X	Crítica	Sistema de sensor de temperatura
39	Preparación segunda fase maquina 2	X	X	X		**
40	verificación de temperatura	X	X	X	Crítica	Sistema de sensor de temperatura
41	Adición segunda fase a máquina 1	X	X	X		**
42	Verificación de consistencia	X	X	X		Actividad manual susceptible a mejoras
43	Descarga de producto maquina 1	X	X	X		Actividad manual susceptible a mejoras
44	Verificación de temperatura maquina 2	X		X	Crítica	Sistema de sensor de temperatura
45	Adición segunda fase a máquina 2	X		X		**
46	Verificación de consistencia	X		X		Actividad manual susceptible a mejoras
47	Descarga de producto maquina 2	X		X		Actividad manual susceptible a mejoras

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Partiendo de la Figura 19, a través del proceso de observación, medición de las variables en estudio y una lluvia de ideas, se logran identificar las actividades que generarían oportunidades de mejora, representadas de color “amarillo”; trayendo como consecuencia, la estrategia de mejoramiento la cual se centrará en la mejora de una máquina y/o en la visualización de una futura semi automatización de las maquinarias del proceso de fabricación de tintes, en el caso de estudio las “Marmitas”, en las que se priorizan las actividades tales como: Sistemas de verificación y supervisión, alastamiento de encendido y apagado de equipos y/o dispositivos, entre otros, que en la actualidad, son factores que comprometen bastante tiempo del proceso, lo que repercute en la poca productividad de la línea de producción de tintes.

Como resultado de las observaciones realizadas en el plan de acción. A continuación, se presenta el resumen las actividades tenidas en cuenta para la mejora de tiempos en el proceso y opción de mejora en los equipos. Ver Tabla 11.

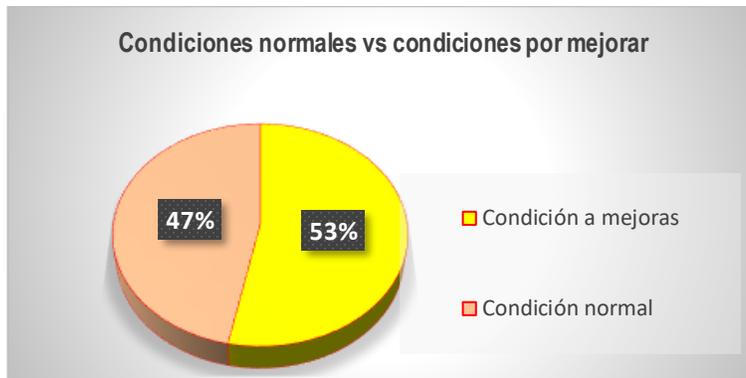
Tabla 12. Resumen de actividades del plan de mejoras "Condición normal vs Condición a mejoras"

Resumen de actividades del proceso Diagrama hombre-máquina vs. Variables críticas		
Actividades	Condición a mejoras	Condición normal
47	25	22

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Otra forma de visualizar mejor el plan está determinada por la gráfica conceptual, que muestra al detalle la relación porcentual entre las actividades normales y las que son susceptibles a mejoras:

Gráfico 4. Resumen porcentual de las actividades del plan de mejora. “Actividades con condiciones normales vs condiciones a mejorar”.



Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Como parte del proceso en estudio y profundización del tema de investigación, se presentan las propuestas que se hacen parte de la fase 3 de identificación de mejoras que pretenden disminuir los tiempos de las operaciones más críticas e importantes del proceso de fabricación, que representan el 53% del proceso, correspondientes a un total 25 operaciones y/o actividades que son consideradas para el plan de mejoras (Tabla 10) y están dirigidas a la optimización del recurso humano, la maquinaria del proceso y tiempos de producción.

En este caso, la propuesta de optimización exige el mejoramiento de la maquinaria empleada para el proceso de mezclado y homogenización. En consideración, la mejora en las Marmitas automáticamente cambiaría la forma de trabajo, haciendo que éstas sean más eficientes y generando mayor número de órdenes de producción, lo que significa mayor cantidad de producto fabricado.

Tal, como se evidenciaría en el nuevo diagrama Hombre máquina, condicionado a las mejoras del proceso y automatización de las maquinas.

10.3.2 Diagrama de análisis de la interacción Hombre-Máquina Mejorado.

Figura 19. Diagrama Hombre-Máquina Mejorado

Tiempo (min)	Actividades Operario	Tiempo (min)	Actividades Maquina 1	Tiempo (min)	Actividades Maquina 2	Tiempo (min)
0,5	Verificar área productiva	0,5	Inactiva		Inactiva	
12	Pesar y dispensar materias primas maquina 1 y 2 (Búsqueda de materias primas en área de almacenamiento)	12				
1	Trasladar recipientes al área de calentamiento	1				
0,5	Encender estufas de calentamiento	0,5				
0,5	verificacion de parametros de produccion de acuerdo a los POE	0,5				
0,5	activacion de proceso de produccion estándar fase 1 maquina 1	0,5				
0,5	activacion de proceso de produccion estándar fase 2 maquina 2	0,5	ejecucion PPE 1	49,5	ejecucion de PPE	51
9,5	preparacion de segunda fase maquina 1	9,5				
10	Llenado de formatos de producción (a mano) maquina 1	10				
5	despeje de area de pesado remanentes de producto maquina 1	5				
9,5	Preparación segunda fase maquina 2	9,5				
10	Llenado de formatos de producción (a mano) maquina 2	10				
5	Despeje de área de pesado de remanentes de producto maquina 1	5	Inactiva			
1,5	Verter contenido olla 1 en maquina 1	1,5				
0,5	activacion de proceso de produccion estándar fase 2 maquina 1	0,5	ejecucion PPE 2	40	Inactiva	
1,5	Verter contenido olla 2 en maquina 2	1,5				
0,5	activacion de proceso de produccion estándar fase 2 maquina 1	0,5				
38	Inactivo		Mezclando	2	ejecucion de PPE 2	40
1,5	Adición segunda fase a máquina 1	1,5				
0,5	activacion proceso 5 maquina 1	0,5	Ejecucion de proceso 5	10	Mezclando	2
1,5	Adición segunda fase a máquina 2	1,5				
0,5	activacion proceso 5 maquina 2	0,5				
8	Inactivo		descargando	12	Inactiva	
12	Descarga de producto maquina 1	12				
12	Descarga de producto maquina 2	12	Inactiva		descargando	12
142,5	Tiempo de Trabajo	96,5	-	113,5	-	115
	Tiempo ocioso	46	-	29	-	27,5

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Con el planteamiento se valora el grado de ajuste de la propuesta de mejora, respecto a la sincronización recíproca del hombre con las máquinas, se tiene en cuenta la cantidad de espacios de inactividad funcional de las máquinas, debido a la sobreasignación del operario para ponerlas en marcha en el momento correspondiente; por lo cual se contempla la posibilidad de automatizar la maquinaria, de tal manera que tiempo de espera e improductividad se reduzca a fin de que el flujo de producción se optimice y la maquinaria pueda operar dentro de los tiempos establecidos dentro del sistema, que contempla situaciones tales como: Verificación, preparación, asignación, esperas, supervisión, entre otros.

A partir de esta propuesta se espera la reducción de tiempos, teniendo en cuenta que el proceso productivo total de la producción de productos capilares, se distribuya de la siguiente manera; a través del sistema de automatización de las máquinas principales el proceso, tal como se expone a continuación:

1. Realizar una programación del sistema de acuerdo al proceso y/o producto a fabricar con las fórmulas maestras.
2. Los procesos de calentamiento y enfriamiento están parametrizados en el sistema de automatización que interactúan directamente con las máquinas.
3. La ejecución de actividades de mediciones, pesados y preparación de materias primas se dan por parte del operario de manera simultánea con el proceso de llenado y calentamiento de las máquinas, para su posterior adición de materias primas y continuidad de la fase de mezclado.
4. Se da la ejecución del proceso de mezclado para la cocción y homogenización de acuerdo a la temperatura establecida en la fórmula.
5. Verificaciones de cumplimiento de calidad en la homogenización del producto en proceso
6. Posteriormente se da continuidad al proceso final de enfriamiento
7. Dada la producción estándar obtenida se realiza la verificación final y se procede a la descarga del producto terminado de forma manual para el almacenamiento al granel.

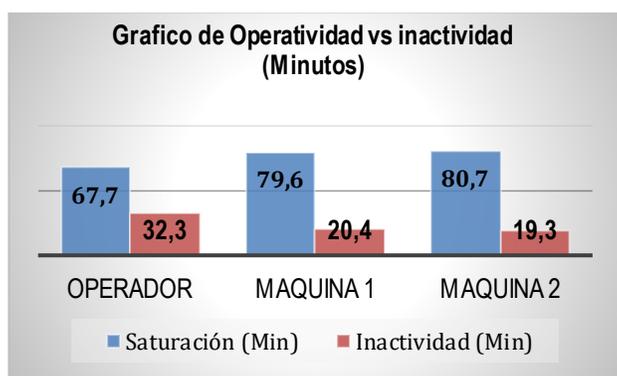
Por lo anterior, se considera una mejora en las asignaciones del operario y el componente de máquinas, debido a que se le quita un alto grado de dependencia respectó a la interacción del hombre, lo cual fortalece su operatividad y se reducen los tiempos muertos de las máquinas y aumentando la productividad; además el tiempo de proceso se reduciría en un 43% respecto al proceso actual de interacción Hombre-Máquina, trayendo consigo una mayor calidad del producto terminado y el incremento de la producción diaria, pasando de 3 lotes/ días a producir de 4 a 5 Lotes/día, teniendo en cuenta una jornada de trabajo de 8 Horas laborales, lo cual se evidencia es estado porcentual de mejora del sistema productivo con plan de mejora a continuación:

Tabla 13. Resumen porcentual de Saturación e inactividad del Diagrama Hombre-Máquina- Mejorado

Tabla de resultados- Mejorado	Saturación (Min)	Inactividad (Min)
Operador	67,7 %	32,3 %
Maquina 1	79,6 %	20,4 %
Maquina 2	80,7 %	19,3 %

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Gráfico 5. Operatividad vs Inactividad- Diagrama Hombre-Máquina. Mejorado



Fuente: Elaboración Propia, 2020

De acuerdo al grafico final de operatividad, se observa el análisis final de interacción del Hombre con las maquinas, el cual es más equitativo y se les garantiza mayor

eficiencia operativa a las máquinas y se observa la disminución de la tasa de operatividad del operario, el cual se concentra en todo el proceso preparación, supervisión y calidad del producto.

Generando nuevos factores para seguimiento, como lo es cumplimiento del factor recurso humano, la maquinaria del proceso y tiempos de producción, a través de indicadores de gestión de la producción.

10.3.3 Equipos y partes de las maquinas “marmitas” propuestos en el plan de mejoras.

Como consecuencia del apartado anterior y de los planes de mejora presentados en la Figura 19, en la que se identificaron actividades, variables críticas y opción de mejora. Se hace viable presentar cuales serían los equipos necesarios para consolidar el plan de mejoramiento de la maquinaria y del proceso; proponiendo herramientas y equipos que permitirán brindar la posibilidad de pasar de procesos manuales a semiautomáticos, sin comprometer algunos aspectos que son netamente manuales y propios del proceso, sin embargo; son susceptibles a mejoras aunque no se consideran de alta criticidad como lo son el pesado, preparación y vertimiento de materias primas que se realizan de forma manual y que entran al proceso de transformación, como también la verificación de consistencias de producto en proceso.

Cabe recordar, que el proyecto está dirigido a presentar las estrategias para un mejoramiento en los tiempos de proceso de la línea de fabricación de tintes. Sin embargo, a continuación, se darán a conocer de forma Teórico/conceptual las herramientas y equipos necesarios para el rediseño de la marmita y la adaptación de un sistema el cual permita la automatización de proceso de cocción, homogenización y enfriamiento que va a realizar la Maquina.

Identificación de condiciones físicas y funcionales de los equipos:

Previamente se realizó la inspección en detalle del equipo y se identificó de manera presencial y visual las características físicas que posee, características que se registraron a través de tablas cualitativas, las mismas que se detallan a continuación.

Marmita: La marmita actual es de sistema eléctrico con capacidad de 500 Kg, fabricada en material de acero inoxidable, lo que permite que tenga elevada resistencia a la corrosión producto de diversos factores, su forma es semiesférica con una superficie totalmente compacta, tiene un sistema de chaqueta o camisa para agua, con propiedades de alta resistencia a las variaciones térmicas, dotada de un agitador mecánico, con un sistema de descarga por gravedad (con llave manual en la parte inferior) y trabaja con tres resistencias eléctricas tubulares de 220V a 60 Hz.

Tabla 14. Tabla cualitativa de elementos existentes Marmita

Descripción	Condición física	Estado
Marmita	Estructura de acero inoxidable	Bueno
Agitador	Acero inoxidable. (Garantiza la homogeneidad de los componentes mezclados)	Bueno
Motor reductor	Marca Siemens	Bueno
Panel de control	Tablero convención de Encendido y apagado	Bueno
Bomba de agua	Marca Siemens	Bueno
Contador de flujo de agua magnético	Cuerpo pastico ½"	Regular
Válvulas manuales	Acero inoxidable (Entrada y salida de agua de la chaqueta y liberación de presión)	Regular
Termómetro de aguja	Mide la temperatura superficial del producto	Regular
Mirilla de nivel de agua	Muestra el nivel de agua en la chaqueta	Regular
Resistencias Tubulares	Acero inoxidable. Ubicadas en la parte inferior de la máquina y tiene contacto directo a la carcasa)	Buenas

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Se consideraron los parámetros de condición física, color y limpieza de los equipos; para la elaboración de la tabla cualitativa, obteniendo como resultado condiciones físicas de valoración “buena” para la marmita.

De forma similar, la valoración del estado funcional del equipo se llevó a cabo, a través de una valoración, en donde se consideró algunas condiciones iniciales “regulares” del proceso de la marmita para la elaboración de productos cosméticos capilares, condiciones que se pretenden mejorar con la implementación de la automatización.

A partir de la identificación del número de elementos existentes, a continuación, se presentan el número de elementos nuevos para el sistema, realizando un registro a través de una tabla cuantitativa, que caracteriza y numera cada elemento ideal para la implementación, el cual permita la automatización de los procesos de cocción, homogenización y enfriamiento de la Marmita determinando las variables controlables de los procesos mencionados.

Tabla 15. Tabla cualitativa y/o cuantitativa de elementos a implementar a la Marmita.

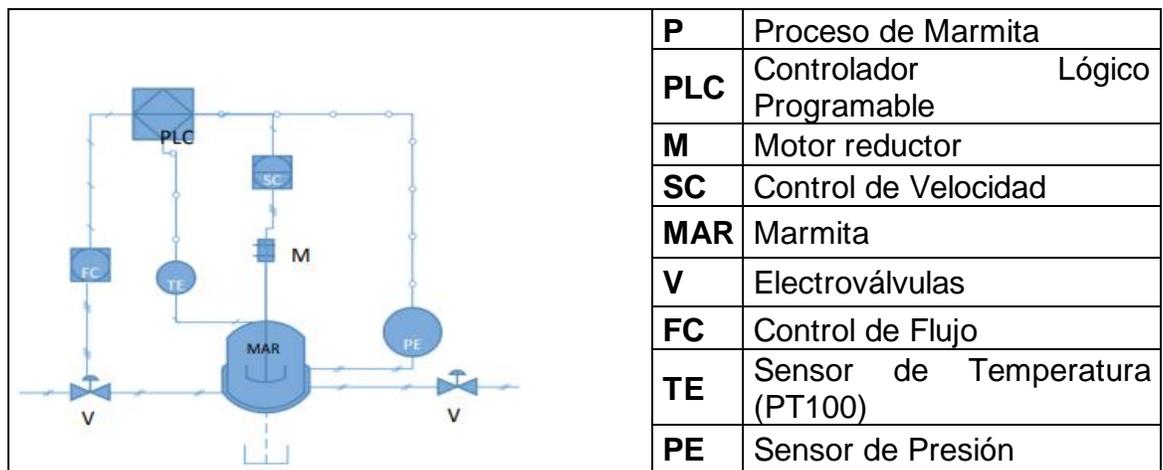
Descripción	Marca/Modelo	Características	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
PLC	SIEMENS SIMATIC.S7-1 200-6ES7212- 1AE40-0XB0	CPU 1212C, CPU compacta DC/ DC/DC I/ O: 8 DI 24V dc; 6 DO 24 V dc; 2 AI 0 - 10V DC, Alimentación: DC 20,4 -28,8 V DC: 20, 4 - 28, datos 50 KB	1	\$ 1.570.000	\$ 1.570.000
PANTALLA O PANEL HMI	SIEMENS KP300 -Basic Mono PN.	- Pantalla monocromática de alta resolución 3", 10 teclas de funciones configurables. - El teclado, de manejo idéntico a la de un teléfono móvil de teclas. - Elección libre del color de retroiluminación LED: colores blanco, verde, rojo y amarillo. -Cada color puede asignarse a distintos avisos. De este modo, el KP300 permite prescindir de una luz de alarma independiente. - Longitud de tubo de protección: 10cm - Diámetro de parte de la sonda: 0.05cm	1	\$ 1.181.000	\$ 1.181.000
PT100	Modelo: VIS 56	- Hilo fixing (rosca cónica): 1/4 pulgada - Rango de medición: -50°C a +420°C - Longitud del cable: 80cm - Longitud de sonda: 16cm	2	\$ 23.800	\$ 47.600
Electroválvula de Agua ½"	Modelo: DCF- HS15W	- Medio de funcionamiento: Agua y fluidos de baja viscosidad - Voltaje de operación: 12 VDC - Potencia nominal: 5W - Modo de operación: Acción directa - Tipo de accionamiento: Normalmente cerrada - Diámetro nominal: 8 mm - Tamaño de puerto: G1/2" - Presión salida de agua: 0 a 0.02 Mpa - Temperatura de operación: -5°C a 60°C	2	\$ 49.504	\$ 99.008
SENSOR MEDIDOR DE FLUJO DE AGUA + ELECTRO- VÁLVULA 1/2 PULGADA	Modelo: VIS1138	- Material PVC - Voltaje de funcionamiento: de 5 a 24 VCC - Max consumo de corriente: 15 mA @ 5V - Flujo de Trabajo Calificación: 1 a 30 lts / min - Temp. de funcionamiento: -25 a 80 °C - Ámbito de humedad de trabajo: 35% -80% - Presión máxima del agua: 2,0 MPa - Ciclo de trabajo de salida: 50% + -10% - Tiempo de subida de la salida: 0.04us	2	\$ 47.439	\$ 94.878
Ver Anexos	Soporte de cotización, Ficha Técnica				\$ 2.992.486

Fuente: Elaboración Propia. (Adaptado de la página oficial de Siemens Sa; Vistronica Sa), 2020.

Con esta información, es viable presentar el posible modelo conceptual que muestre cómo sería el planteamiento de la mejora e implementación a futuro, lo cual requerirá en su momento los conocimientos de ingeniería de detalle, Mecánica, Eléctrica y de Automatización.

A continuación, se presentan las mejoras que podrían llegar a ser implementadas en la empresa, desde la perspectiva del mejoramiento de la maquina “Marmita”, a través de un diagrama P&ID de los lazos de control en los cuales se muestra la interacción de que tendrán los sensores y actuadores del sistema con el controlador:

Figura 20. Diagrama de proceso P&ID-Marmita



Fuente: Elaboración Propia, 2020

En este diagrama *P&ID*, Se destaca la operatividad del sistema, en el cual se identifica la interacción de las variables.

- ✓ **Proceso:** Mezclado y homogenización de las materias primas para la obtención del producto capilar.

Para la ejecución del sistema de control se tiene la marmita que esta diseñada para una capacidad de 500 litros aproximadamente y con su estructura de acero

inoxidable, apto para la fabricación de productos cosméticos capilares, como lo indica la norma de sanidad.

- ✓ **PLC o controlador Y Panel MHI:** Contiene las instrucciones del procedimiento para el control de los actuadores. Para que operen de manera sincrónica, teniendo grabadas las secuencias (calentamiento, agitación y enfriamiento). El sistema, también, contará con una interfaz de usuario (HMI), la cual estará compuesta por una pantalla LCD, un teclado, un botón de Start y un botón de Parada de emergencia. Por medio de esta interfaz, se mostrará la cantidad de litros que se están usando en la formulación o receta, la temperatura y el proceso que se está realizando de dicho instante.

- ✓ **Actuadores:** Detallan los elementos a ser controlados (resistencia, bomba de enfriamiento, electroválvulas y agitador).

Para la puesta en marcha del proceso, la marmita tendrá una resistencia de 220 V en la parte inferior externa, que calentará el contenido y/o mezcla. También, estará conectada a una bomba por medio de una tubería y sistemas de electroválvulas. Dicha bomba se encargará de transportar el agua requerida por el sistema, tanto para el sistema de llenado de la marmita con (agua desmineralizada); como también para el sistema de calentamiento y enfriamiento en la cual la marmita estará envuelta en un sistema de chaqueta por la que pasará agua fría y enfriará la mezcla.

Para realizar la mezcla y lograr la homogeneidad deseada, se acoplará un agitador a la marmita. Estará conectado a una caja reductora que a su vez está acoplada a un motor (M) de corriente alterna, con la suficiente potencia para poder agitar sustancias viscosas.

- ✓ **Sensor:** Contiene los sensores de temperatura, presión y flujo, que toman la información de la marmita y la dirigen al controlador.

Para poder controlar el proceso y especificaciones finales del producto se usarán los sensores mostrados en la Fig. 21; un sensor de temperatura, en este caso una termocupla tipo PT 100 para controlar los procesos de calentamiento y enfriamiento, y un controlador de flujo para controlar la cantidad de mezcla a procesar. Todos estos sensores estarán conectados a un PLC, que recibe todas las señales emitidas por el sistema.

Para la extracción del producto final al granel, se utilizará una llave de paso de accionamiento manual, ubicada en la parte inferior de la marmita que actúa por gravedad, para que el operario decida en qué momento dispensar el producto para que pueda ser envasado y almacenado.

El modo de operación de la marmita será automático, para que justamente el usuario final (Operario) solo ejecute tareas específicas tales como el pesado, preparación y dosificación de materias primas de forma manual, para ser dispensada a la marmita asignada para el proceso de mezclado y homogenización. De esta manera el operario se podrá centrar en las especificaciones de las recetas y por ende en mejorar la calidad del producto, a través de la ejecución y supervisión del proceso a cargo.

Se destaca que estos esquemas de control y potencia se realizan en base al diagrama de flujo, el cual detalla el funcionamiento de la máquina "Marmita" establecidos en la Fase I; además de la información técnica y teórica descrita en el Marco Teórico.

10.2. FASE IV: ANALISIS FINANCIERO

Evaluar financieramente la propuesta de mejora, mediante indicadores de bondad económica, con el fin de establecer el impacto que tendrá sobre las utilidades de la empresa.

10.2.1. Análisis de costos asociados a la mejora “Costos Directos e Indirectos”

Como consecuencia de establecer un pre diseño del sistema y los componentes de la “Máquina Automatizada, para obtener producto capilar” se hace necesario incurrir en costos directos e indirectos, ya que, además de la inversión hecha en la máquina se va a analizar la relación costo-beneficio para determinar la viabilidad del proyecto.

En esta fase del proyecto se presenta el análisis de costos que ayudará a determinar la cantidad de recursos económicos necesarios para la mejora de la marmita. Se toma en cuenta tanto los costos directos como los indirectos.

Costos Directos

- **Costos de materiales directos:** Están asociados a los Materiales que serán adaptados al sistema de producción de tintes. Estos materiales son la materia prima necesaria para construir los elementos que constituyen la marmita automatizada. En la Tabla No. 13, se muestran los costos de materiales directos que se utilizan en la construcción de la marmita. y están determinados por un valor de **\$2.992.486**
- **Costo de montaje-instalación:** Los costos de montaje están representados por un valor de **\$2.500.000**, estos costos están directamente relacionados con la mano de obra e ingeniería, para el montaje de la marmita en las instalaciones de la empresa Euro Style Sas.

Costos Indirectos

- **Costos de materiales indirectos:** Incluye todo lo necesario para la instalación de los materiales directos. Estos CIF son utilizados para la fabricación del equipo, sin embargo, no se diferencian en el producto final, tales como: Niples, pegantes PVC, Teflón, Limpiador de PVC, Adaptadores, Abrazaderas. Estos son materiales indirectos estimados en **\$300.000**.
- **Otros:** Los gastos técnicos administrativos, ejecutables para el proyecto tales como: logística y transporte, insumos de limpieza, comunicaciones, gastos de oficina. Gastos estimados en **\$400.000**.

Costo total del diseño de la marmita Automatizada

En la siguiente Tabla No. 14, se muestra el valor total de la inversión de **\$6.392.486**, para la automatización de la marmita, el mismo que está conformado por el total de costos directos e indirectos.

A continuación, la sumatoria de los diferentes valores de los costos que están involucrados en la construcción de la marmita:

Tabla 16. Costos Total diseño de la marmita "Costos Directos e Indirectos"

Costo Directos	Costo total
Material directo	\$2.992.486
Montaje e instalación (Mano de Obra e ingeniería)	\$2.500.000
Costo Indirectos	-
Material indirecto	\$300.000
Otros	\$400.000
Total	\$6.192.486

Fuente: Elaboración Propia, 2020

10.2.2. Proyección de Ingresos “Costo beneficio de la implementación de la mejora”

Tomando como precio base para el cálculo de los ingresos al año aproximados que se pueden obtener por la venta, se toma como precio base S/. 1.009.200, dato proporcionado por la empresa Euro Style Sas y un margen de utilidad del 30%. En la siguiente tabla se muestra los valores económicos actuales, con producción en promedio de 3 lotes x Día, equivalentes a 852 Lotes/año:

Tabla 17. Flujo económico de la empresa.

Precio por unidad o lote producido	\$ 1.009.200
Numero de lotes producidos al año (Unidades)	852 lotes/Año
Ingreso anual por venta	\$ 859.838.400
Utilidad anual por venta	\$ 257.951.520

Fuente: Empresa, 2020.

Luego de obtener esta información actual, se procede a evaluar la relación costo – beneficio con los datos de la utilidad y los costos de la propuesta durante 5 años. Teniendo en cuenta, los costos asociados por un Monto total de \$6.192.486, se estima flujos mensuales.

10.2.3. Análisis de indicadores financieros (VAN, TIR)

Para el análisis de proyección del aumento de cada uno de los rubros (ingresos y egresos), se tomará como referencia la información promedio de los últimos cinco años del IPC, el cual es de **4.7%**.

Tabla 18. Promedios de Incrementos IPC -Colombia 2020

Promedios de Incrementos IPC -Colombia 2020					
2015	2016	2017	2018	2019	2020
6,77 %	5,75 %	4,09 %	3,18 %	3,8 %	4,7%

Fuente: DANE, 2020

Con toda esta información podemos realizar los cálculos correspondientes al VAN y la TIR, como indicadores de bondad económica para la estimación de la viabilidad:

Tabla 19. Proyección de inversión a 5 años

Años	Inversión	Egresos	Ingresos	Flujo Efectivo	Valor presente
0	-\$6.192.486			-\$6.192.486	-\$6.192.486
1		\$601.886.880	\$859.838.400	\$257.951.520	\$ 246.372.034
2		\$601.886.880	\$859.838.400	\$257.951.520	\$ 235.312.354
3		\$601.886.880	\$859.838.400	\$257.951.520	\$ 224.749.144
4		\$601.886.880	\$859.838.400	\$257.951.520	\$ 214.660.118
5		\$601.886.880	\$859.838.400	\$257.951.520	\$ 205.023.991
				VAN (4,7%)	\$ 1.119.925.155
				TIR	41,6%

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Una vez detallados todos los costos para el análisis del presente proyecto, se indica una inversión inicial de \$6.192.486 del cual se obtienen:

El VAN indica un valor de \$ 1.119.925.155, este valor al ser mayor que cero, indica que la inversión genera ganancias.

El TIR da un valor de 41.6%, el cual es mayor a la tasa mínima de interés de ganancia

Por tanto, el proyecto es viable y satisface las expectativas de los interesados.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para presentar los resultados que se pudieron obtener de las propuestas de mejora que se presentaron a la empresa Euro Style Sas, para la optimización de los tiempos de fabricación de productos cosméticos capilares, se estudiaron diferentes métodos para conocer su proceso de ejecución y la manera como se estructuraría el plan para la puesta en marcha, desde una perspectiva de mejora continua, considerando conceptos técnicos/básico, costeo, inversión y rentabilidad económica.

A continuación, se muestran los resultados que se lograron obtener en base a las propuestas de optimización, a través de una estrategia de automatización de equipos:

- ✓ Reconocimiento y estimación de cada una de las causas raíces y oportunidades de mejora, estudiando el área productiva y el flujo del proceso de fabricación se detectaron actividades y tareas que representaban demoras y entorpecían la producción.
- ✓ Aplicación de herramientas de ingeniería y gestión de proyectos, tales como Diagramas de proceso, Métodos de evaluación de proyectos Pert y Cpm, y se determinaron los tiempos de proceso y su impacto a nivel de productividad y cumplimiento.
- ✓ Con base al estudio y medición de los tiempos, factores humanos y de máquinas, arrojados por las herramientas aplicadas, se estableció una estrategia de automatización con el que se logra plantear una reducción de los tiempos de proceso, una mejora en los equipos actuales, la reducción en la sobreasignación del operario en la ejecución de múltiples actividades.

- ✓ A través de una estrategia de automatización e implementando el sistema PLC, se espera mejorar el proceso y el flujo de trabajo entre actividades, máquinas y operario, logrando reducción de tiempos de operación en inicios y fin de ciclos y cambios de producto/formato y la identificación de actividades que agregan o no valor, para así incrementar el ritmo de trabajo y optimizar los recursos del proceso, cumpliendo con los estándares calidad y tiempos de operación establecidos.
- ✓ Con la propuesta presentada se estima tener una reducción de cerca del 43% del tiempo que actualmente tarda el proceso de fabricación de los productos capilares. Con la estrategia de automatización no solo mejora los tiempos de operación de la máquina y el proceso en general, sino que aumenta la cantidad de lotes de producto terminado que salen del área mensualmente, representando un incremento en la productividad y por ende mayor flujo económico.
- ✓ Se recomienda implementar las mejoras propuestas a corto plazo ya que con una inversión de \$6.192.486, se mejora el recurso tecnológico y de maquinarias del proceso, además aumenta la producción de lotes mensuales de la máquina debido a que aumenta su capacidad operativa.
- ✓ Generar estrategias con la alta gerencia, para demostrar los beneficios que traería al proceso el obtener los recursos para implementar las mejoras propuestas a corto plazo teniendo la rentabilidad económica de la misma.

Toda empresa esta susceptible a un mejoramiento continuo por medio de sus procesos de producción, para ello es necesario el continuo seguimiento y análisis de cada una de sus operaciones, con el objetivo de encontrar, analizar e implementar mejoras que contribuyan a mejorar el método en el que el objetivo es logrado.

12. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE HERNÁNDEZ, I. (2016). “Optimización del proceso productivo de una línea de labiales cosméticos de la empresa ABC”. Fundación universidad de américa.
- AGUIRREGOITIA MORO. (2011). “Métodos de trabajo y control de tiempos en la ejecución de proyectos de edificación”. Universidad Politécnica de Madrid.
- AUTISTA GARCÉS, C. A. Y GIRALDO BOTERO, L. M. (2009). “Diseño de propuesta de mejoramiento del área de mercadeo, servicio y estandarización de los procesos de producción de laboratorios MYB utilizando como metodología la gerencia y el control estadístico de procesos”
- ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, YAMILE; RODRÍGUEZ COY, OFFIR. (2003). “Planeación, programación y control de la producción en la empresa l’atelier Ltda.” Universidad Tecnológica de Bolívar-Colombia
- BACA, GABRIEL (2014). “Introducción a la ingeniería industrial” (2da edición) Patria p. 32
- BENJAMÍN, NIEBEL (2001). “Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo”. México D.F: (Alfaomega, 2001)
- BETANCOURT, (2016). “El cursograma: Herramienta del ingeniero industrial”. Ingenio Empresa.
- CALDERÓN CASTILLO, J. (2018). “Implementación de una estrategia de mejora para lograr el buen uso de horas hombre y horas maquina en el área de envasado n°3 de una planta farmacéutica”. Universidad Ricardo Palma -Lima Perú.
- CERVANTES CASTRO, A. J. Y DUQUE PEÑA, J. E. (2005). “Diseño De Un Programa De Planeación, Organización Y Control Del Proceso Productivo De La Empresa Productos Perla” Universidad de Cartagena.

- CRUZ PORRAS, YEIMI. (2015). “Definición de indicadores para la caracterización de la innovación en el sector cosmético colombiano”. Universidad Militar Nueva Granada- Bogotá
- CHACAGUASAY LOBATO, EDGAR MAURICIO PICO BARRIONUEVO, CARLOS EMILIO. (2016). “Diseño y construcción de una marmita cilíndrica con agitador y fondo esférico con rango de temperatura de 70°C a 80°C para producción de 50 litros de aderezos”.
- CRUELLES, J. (2013). “Mejora de métodos y tiempos de fabricación”. México: (Alfaomega, 2013).
- ESPÍATELA M, MAYRON; MORALES M. JUAN; RAMOS ORTIZ, LEONARDO. (2019). “Análisis de viabilidad económica de la propuesta de mejora en la línea de insecticida de la empresa Dow química Cartagena”. Universidad del Sinú.
- EL PROGRESO (2018). “Lean Manufacturing, el mejor método para optimizar los sistemas de producción”.
- GARCÍA CRIOLLO, ROBERTO. (1998). “Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo”, Editorial: McGrawHill. México.
- HERNÁNDEZ GÓMEZ, LADY; MORENO ROZO, DIEGO. (2015). Propuesta de optimización para el área de estampados de confecciones Inducon Ltda. Universidad de distrital francisco Jose de Caldas-Bogotá.
- JIMÉNEZ BIELICH, MARIELA B. (2017). “Reducción de tiempo de entrega en el proceso productivo de una metalmecánica”. Universidad San Ignacio Lima-Peru.
- MÉNDEZ, B.C Y LÓPEZ, S. C. (2017). “Propuesta de mejora en el sistema productivo de la empresa productos alimenticios CHICHARRONES CHIRROS S.A.S”

- MEYERS, F. (2000). “Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil”. México: Pearson Educación, 2000
- MOSQUERA MARMOLEJO, I. (2015). “Diseño de un sistema de producción de una línea de higiene capilar para cabello negroide”. Universidad Sergio Arboleda.
- OCHOA LÓPEZ, A. AND TOVIO ALMANZA, W. (2007). “Diseño y análisis de un modelo de planificación y control de la producción basado en dinámica de sistemas”. Universidad de Cartagena.
- PADILLA VELÁZQUEZ, BRENDA. (2013). “Diseño de un evaporador tipo marmita con agitador y serpentín interno para la elaboración de diversos alimentos en planta piloto”. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- QUINTANA TUKASAKI, DIEGO FERNANDO. (2015). “Diseño de una máquina automática para elaboración de manjar blanco”. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- REYES ZOTELO, Y. (2016). “Un modelo para la planeación y control de la producción en una empresa de productos de limpieza y cuidado personal”. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México.
- RODRÍGUEZ, O. GALLO, AND D. ANDRÉ, (2017) “Propuesta de mejora de los procesos de producción, almacenamiento y despacho de una empresa de productos cosméticos e higiene,” Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- RODRÍGUEZ, O. GALLO, AND D. ANDRÉ. “Propuesta de mejora de los procesos de producción, almacenamiento y despacho de una empresa de productos cosméticos e higiene”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

- VILLALVA LÓPEZ, L. AND ECHEVERRIA VECILLA, E. (2012). “Diseño e implementación de maquina automática multifuncional para obtener mermeladas, jugos de frutas y pulpa de frutas pasteurizada”. Universidad Politécnica Salesiana.
- J. PINEDA, (2005). “Estudios de tempos y movimientos en la línea de producción de pisos de granito en la fábrica casa blanca S.A”.

ANEXOS

Anexos 1. Autómatas programables: SIMATIC s7-1200

Abril 1/2020

Descripción

SIMATIC S7-1200 es el controlador para tareas de control y regulación en la construcción de máquinas e instalaciones. Combina el máximo efecto de automatización con el mínimo coste.

Gracias a su diseño compacto y modular y también a su alto rendimiento, SIMATIC S7-1200 es adecuado para multitud de aplicaciones de automatización. La gama de aplicaciones va desde la sustitución de relés y contactores hasta las tareas de automatización más complejas, todo ello interconectado en red y en configuraciones descentralizadas.

S7-1200 se utiliza cada vez más en sectores para los que hasta el momento se había desarrollado una electrónica especial por motivos económicos.



Selección SIMATIC S7 -1200 FW4.1

Para obtener un listado completo de equipos y accesorios de sistemas S7-1200 puede usar el "TIA Selection Tool":
<http://www.siemens.com/tia-selection-tool>

Características CPU	CPU 1212C	CPU1214C	CPU1215C	CPU1217C Nuevo
Versiones	DC/DC/DC, AC/DC/RLY, DC/DC/RLY			DC/DC/DC
Velocidad de ejecución				
Operación Booleana	0.085µs/ instrucción			
Operación "Move word"	1.7µs/ instrucción			
Operación "real math"	2.3µs/ instrucción			
Memoria de trabajo (Interna)	75 KB	100 KB	125 KB	150 KB
Memoria de Carga (Interna)	1 MB	4 MB	4 MB	4 MB
Memoria remanente (interna)	10 KB	10 KB	10 KB	10 KB
E/S Digitales Integradas	8 Entradas/6 Salidas	14 Entradas/10 Salidas	14 Entradas/10 Salidas	10 DI 24VDC / 4 DI 1,5V DC diferencial/ 6 DO 24VDC; 0,5A / 4 DO 1,5V DC diferencial
E/S Análogas Integradas	2 Entradas ¹⁾		2 Entradas ¹⁾ /2 Salidas ²⁾	2 AI 0- 10V DC, 2 AO 0- 20mA
Cartucho de señales (Signal Board)	1 Máx. -versiones: 2DI/2DO o 1 AO o 1 AI o 1 TC, o 1 RTD o 1 Battery board (nuevo)			
Módulos de señales	2 Max.	8 Max.	8 Max.	8 Max.
Max. E/S - Digitales	82	284	284	284
Max. E/S - Análogas	19	67	69	69
Contadores rápidos	4 total	6 total	6 total	6 total
Fase simple	3 @ 100 kHz y 1 @ 30 kHz			1 @ 1 MHz, 3 @ 100 kHz, 3 @ 30 kHz; 6 diferencial:
Dos fases	1 @ 30 kHz 1 @ 30 kHz	3 @ 80 kHz y 3 @ 30 kHz	3 @ 80 kHz y 3 @ 30 kHz	1 @ 1 MHz, 3 @ 80 kHz, 1 @ 20 kHz
Salidas de pulsos	4 @ 100 KHz (Salidas DC) / 4 @ 200 KHz con signal board			4; Salida de tren de pulsos a 1 MHz
Entradas de capturas de pulso	8	14	14	14
Interrupciones cíclicas	4 en total con resolución 1ms			
Interrupciones por flancos	8 ascend. y 8 descend	12 ascend. y 12 descend.	12 ascend. y 12 descend.	12 ascend. y 12 descend.
Lazos PID	16			
Módulos de comunicación	3 Máx.			
ETHERNET	1 puerto integrado	1 puerto integrado	2 puertos switcheados int.	2 puertos switcheados int.
Protocolos	ISO on TCP - TCP/IP - S7 como servidor			
RS232 y RS485	Con módulo CM1241			
Protocolos	USS - Modbus RTU Maestro/Eslavo			

Notas: ¹⁾ Tipo Voltaje (0-10 VDC) ²⁾ 0 - 20mA

Para mayor información visite: www.siemens.com/s7-1200

No. de Depósito	Descripción		Precio Lista Unit. - Col. \$(*)
			
	SIMATIC S7-1200 Unidades Centrales CPU's		
100286429	6ES7212-1AE40-0XB0	CPU 1212C, CPU compacta DC/ DC/DC I/ O: 8 DI 24V dc; 6 DO 24 V dc; 2 AI 0 - 10V DC, Alimentación: DC 20,4 -28,8 V DC: 20, 4 - 28,datos 50 KB	1.570.000
100286428	6ES7212-1BE40-0XB0	CPU 1212C, CPU compacta, AC/ DC/ RELE, I/ O: 8 DI 24V dc; 6 DO rele 0, 2A; 2 AI 0 - 10VDC, alimentación: 85 - 264 V AC @ 47 - 63 HZ, memoria de programa / datos 50 KB	1.570.000
100286430	6ES7212-1HE40-0XB0	CPU 1212C, CPU compacta, DC/ DC/ rele, I/O : 8 DI 24V DC; 6 DO rele 0, 2A; 2 AI 0 - 10V DC alimentación: AC 20, 4 - 28, 8 VDC, memoria de programa / datos 50 KB	1.570.000
100286432	6ES7214-1AG40-0XB0	CPU 1214C, CPU compacta DC/ DC/DC I/ O: 14 DI 24V dc; 10 DO 24 V dc; 2 AI 0 - 10V DC, alimentación: 20, 4 - 28, 8 V DC, Memoria de programa/ datos 75 KB	2.376.000
100286431	6ES7214-1BG40-0XB0	CPU 1214C, CPU compacta, AC/ DC/ RELE, I/ O: 14 DI 24V dc; 10 DO rele 0, 2A; 2 AI 0 - 10VDC, alimentación: 85 - 264 V AC @ 47 - 63 HZ, memoria de programa / datos 75 KB	2.376.000
100286435	6ES7214-1HG40-0XB0	CPU 1214C, CPU compacta, DC/ DC/ RELE, I/ O: 14 DI 24V dc; 10 DO rele 0, 2A; 2 AI 0 - 10VDC,alimentación: AC 20, 4 - 28, 8 VDC, memoria de programa / datos 75 KB	2.376.000
100286437	6ES7215-1AG40-0XB0	CPU 1215C, CPU compacta DC/ DC/DC I/ O: 14 DI 24V dc; 10 DO 24 V dc; 2 AI 0 - 10V DC, 2 AO 0-20mA, alimentación: 20, 4 - 28, 8 V DC, 2 puertos PN, Memoria de programa/ datos 100 KB	3.761.000
100286436	6ES7215-1BG40-0XB0	CPU 1215C, CPU compacta AC/ DC/RELE I/ O: 14 DI 24V dc; 10 DO RELE 2A; 2 AI 0 - 10V DC, 2 AO 0-20mA, alimentación: 85 - 264 V AC @ 47 - 63 HZ, 2 puertos PN, Memoria de programa/ datos 100 KB	3.761.000
100286438	6ES7215-1HG40-0XB0	CPU 1215C, CPU compacta DC/ DC/RELE I/ O: 14 DI 24V dc; 10 DO RELE 2A; 2 AI 0 - 10V DC, 2 AO 0-20mA DC, alimentación: 20, 4 - 28, 8 V DC, 2 puertos PN, Memoria de programa / datos 100 KB	3.761.000
100286439	6ES7 217-1AG40-0XB0	CPU 1217C, COMPACT CPU, DC/DC/DC, 2 PROFINET PORT ONBOARD I/O: 14 DI (10 DI 24VDC / 4 DI 5VDC DIFFERENTIAL); 10 DQ (6 DQ 24VDC; 0,5A / 4 DQ 5VDC DIFFERENTIAL); 2 AI 0- 10V DC, 2 AQ 0- 20MA; POWER SUPPLY: DC 20.4 - 28.8 V DC, PROGRAM/DATA MEMORY: 125 KB	4.712.000
	Fuentes PS formato tipo S7/1200		
100025717	6EP1332-1SH71	PM1207 fuente alimentación estabiliz. Entrada: AC 120/230 V Salida: DC 24V/2,5A.	556.000
	Módulos de entradas digitales		
100262793	6ES7221-1BF32-0XB0	SM 1221, 8 DI, 24V DC, SINK/ SOURCE,	674.000
100261352	6ES7221-1BH32-0XB0	SM 1221, 16 DI, 24V DC, SINK/ SOURCE,	1.069.000
	Módulos de salidas digitales		
100261065	6ES7222-1BF32-0XB0	SM 1222, 8 DO, 24V DC, transistor 0, 5A	674.000
100262796	6ES7222-1BH32-0XB0	SM 1222, 16 DO, 24V DC, transistor 0, 5A	1.069.000
100262171	6ES7222-1HF32-0XB0	SM 1222, 8 DO, RELE 2A	674.000
100262168	6ES7222-1HH32-0XB0	SM 1222, 16 DO, RELE 2A	1.069.000
	Módulos de entradas/salidas digitales		

Anexos 2. Basic panels segunda generación.

No. de Depósito	Descripción		Precio Lista Unit. - Col. \$(*)
			
Basic Panels PROFINET ¹⁾			
100156877	6AV6647-0AH11-3AX0	KP300 Basic Mono PN. Pantalla monocromática de alta resolución 3", 10 teclas de función configurables. El teclado, de manejo idéntico a la de un teléfono móvil de teclas. Elección libre del color de retroiluminación LED: colores blanco, verde, rojo y amarillo. Cada color puede asignarse a distintos avisos. De este modo, el KP300 permite prescindir de una luz de alarma independiente.	1.181.000
100286477	6AV2123-2DB03-0AX0	SIMATIC HMI, KTP400 BASIC, BASIC PANEL, MANDO POR TECLAS/TACTIL, PANTALLA TFT 4", 65536 COLORES, INTERFAZ PROFINET, CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/STEP7 BASIC V13.	2.188.000
100286479	6AV2123-2GB03-0AX0	SIMATIC HMI, KTP700 BASIC, BASIC PANEL, MANDO POR TECLAS/TACTIL, PANTALLA TFT 7" , 65536 COLORES, INTERFAZ PROFINET, CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/STEP7 BASIC V13.	3.978.000
100286480	6AV2123-2JB03-0AX0	SIMATIC HMI, KTP900 BASIC, BASIC PANEL, MANDO POR TECLAS/TACTIL, PANTALLA TFT 9" , 65536 COLORES, INTERFAZ PROFINET, CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/STEP7 BASIC V13.	7.858.000
100324815	6AV2123-2MB03-0AX0	SIMATIC HMI, KTP1200 BASIC, BASIC PANEL, MANDO POR TECLAS/TACTIL, PANTALLA TFT 12" , 65536 COLORES, INTERFAZ PROFINET, CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/STEP7 BASIC V13.	11.225.000
Basic Panels PROFIBUS ²⁾			
100324816	6AV2123-2GA03-0AX0	SIMATIC HMI, KTP700 BASIC, BASIC PANEL, MANDO POR TECLAS/TACTIL, PANTALLA TFT 7" , 65536 COLORES, INTERFAZ PROFIBUS, CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/STEP7 BASIC V13.	3.978.000
100324817	6AV2123-2MA03-0AX0	SIMATIC HMI, KTP1200 BASIC, BASIC PANEL, MANDO POR TECLAS/TACTIL, PANTALLA TFT 12" , 65536 COLORES, INTERFAZ PROFIBUS, CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/STEP7 BASIC V13.	11.225.000
<p>Notas: ¹⁾ Todos los Basic Panels con puerto PN se pueden conectar al S7-1200</p> <p>²⁾ Para conectar los Basic Panels Profibus a PLC 1200 se requiere accesorio tarjeta Profibus</p> <p>Para mayor información visite: www.siemens.com.co/Productos/Automatización</p>			

Siemens S.A. – Colombia.

Anexos 3. Interfaces hombre - máquina (HMI)

No. de Depósito	Descripción	Precio sugerido Unit. - Col. \$(*)
   	<p>SIEMENS Ofrece una gama completa de productos y sistemas para realizar las mas variadas tareas de manejo y visualización. Páneles y software para HMI a pie de máquina hasta el sistema SCADA que cubre los requisitos más diversos de supervisión de procesos.</p> <p>SIMATIC HMI Mobile Panels: Para máxima movilidad Tanto durante la puesta en marcha, el mantenimiento o la producción: con los paneles móviles tendrá siempre contacto visual con el proceso y, al mismo tiempo, acceso a la información relevante sobre el mismo, tanto con cable como inalámbrico para operación de seguridad vía IWLAN, los SIMATIC HMI Mobile Panels le ofrecen la movilidad que precisa para operar y monitorear su planta. Diseño robusto para aplicación industrial, resisten sin daños, p. ej., una caída desde más de un metro de altura además están completamente protegidos contra polvo y proyecciones de agua (grado de protección IP65). Las baterías de alta capacidad pueden cambiarse sin interrumpir el funcionamiento, lo que garantiza un trabajo seguro. La elevada exigencia de robustez comprende también la caja y los cables de conexión. Las variantes de equipo con tecla STOP adicional se pueden incorporar mediante cajas de conexión al circuito de parada de emergencia de una máquina o instalación. La tecla STOP y las de validación están ejecutadas con dos circuitos conforme a los reglamentos de seguridad (EN 60204-1), por lo que pueden alcanzar la categoría de seguridad 3 según EN 954-1. Interfaces integradas: serie, MPI, PROFIBUS o PROFINET/Ethernet.</p> <p>SIMATIC HMI Comfort Panels La familia de los Comfort Panels de SIMATIC HMI ofrece la funcionalidad de gama alta en todo su espectro. Gracias a las pantallas panorámicas de alta resolución Widescreen de 4", 7", 9" y 12"; dicho formato amplía en más de 40% el área de visualización, y por lo tanto amplía las posibilidades de presentación para pantallas de mando complejas. Con alta resolución (16 millones de colores) y un ancho ángulo de visión de 140°, hace posible una visualización detallada de los procesos y un alto grado de legibilidad. La potente luminosidad de las pantallas puede atenuarse hasta el 100% para adaptarla a las necesidades de cada aplicación concreta obteniendo ahorro de energía. Con manejo táctil o mediante teclado, pueden adaptarse a cualquier aplicación. Todos los Comfort Panels, sea cual sea su tamaño de pantalla, están provistos de funciones de histórico, scripts VB y distintos visualizadores para documentación de planta (p. ej. en formato PDF) o páginas web. Posibilidad de realizar diagnóstico del sistema en combinación con los controladores SIMATIC: Ahora, para leer la información de diagnóstico, ya no se requiere un PC: basta con el propio Comfort Panel. Datos seguros al 100% en caso de corte de energía. No es necesario usar cables especiales para cargar proyectos HMI a través de PROFINET/Ethernet o USB: basta con un cable estándar.</p> <p>Backup automático: Los datos de proyectos y los ajustes del equipo se almacenan en una tarjeta del sistema ubicada en el propio dispositivo y se actualizan automáticamente. Esta tarjeta del sistema puede usarse también para transferir un proyecto a otro equipo.</p> <p>Para mayor información visite: http://www.siemens.com/hmi</p> 	

Siemens S.A. – Colombia.

Anexos 4. Interfaces hombre - máquina (HMI)

No. de Depósito	Descripción	Precio sugerido nit. - Col. \$(*)
		
	Comfort Panels	
100156427	6AV2124-1DC01-0AX0 KP400 COMFORT, Panel de teclas, Display TFT WideScreen 4", 16 Millones de colores, interfaces PROFINET, MPI/PROFIBUS DP , 4 MB de Memoria de Usuario, WINDOWS CE 6.0. Configurable con WinCC Comfort V11 o superior.	
100156431	6AV2124-2DC01-0AX0 KTP400 COMFORT, Teclas y Touch Panel, Display TFT WideScreen 4", 16 Millones de colores, interfaces PROFINET, MPI/PROFIBUS DP , 4 MB de Memoria de Usuario, WINDOWS CE 6.0. Configurable con WinCC Comfort V11 o superior.	
100156428	6AV2124-1GC01-0AX0 KP700 COMFORT, Panel de teclas, Display TFT WideScreen 7", 16 Millones de colores, interfaces PROFINET, MPI/PROFIBUS DP , 12 MB de Memoria de Usuario, WINDOWS CE 6.0. Configurable con WinCC Comfort V11 o superior.	
100156549	6AV2124-0GC01-0AX0 TP700 COMFORT, Touch Panel, Display TFT WideScreen 7", 16 Millones de colores, interfaces PROFINET, MPI/PROFIBUS DP , 12 MB de Memoria de Usuario, WINDOWS CE 6.0. Configurable con WinCC Comfort V11 o superior.	
100156429 ¹⁾	6AV2124-1JC01-0AX0 KP900 COMFORT, Panel de teclas, Display TFT WideScreen 9", 16 Millones de colores, interfaces PROFINET, MPI/PROFIBUS DP , 12 MB de Memoria de Usuario, WINDOWS CE 6.0. Configurable con WinCC Comfort V11 o superior.	
100156425	6AV2124-0JC01-0AX0 TP900 COMFORT, Touch Panel, Display TFT WideScreen 9", 16 Millones de colores, interfaces PROFINET, MPI/PROFIBUS DP , 12 MB de Memoria de Usuario, WINDOWS CE 6.0. Configurable con WinCC Comfort V11 o superior.	
100156430 ¹⁾	6AV2124-1MC01-0AX0 KP1200 COMFORT, Panel de teclas, Display TFT WideScreen 12", 16 Millones de colores, interfaces PROFINET, MPI/PROFIBUS DP , 12 MB de Memoria de Usuario, WINDOWS CE 6.0. Configurable con WinCC Comfort V11 o superior.	
100156426	6AV2124-0MC01-0AX0 TP1200 COMFORT, Touch Panel, Display TFT WideScreen 12", 16 Millones de colores, interfaces PROFINET, MPI/PROFIBUS DP , 12 MB de Memoria de Usuario, WINDOWS CE 6.0. Configurable con WinCC Comfort V11 o superior.	
100410435	6AV2124-0QC02-0AX1 SIMATIC HMI TP1500 Comfort, Comfort Panel, mando táctil, Pantalla TFT panorámica de 15", 16 millones de colores, Interfaz PROFINET, Interfaz MPI/ PROFIBUS DP, memoria de configuración de 24 MB, WEC 2013, configurable a partir de WinCC Comfort V14 SP1 con HSP	
100410437	6AV2124-0UC02-0AX1 SIMATIC HMI TP1900 Comfort, Comfort Panel, mando táctil, Pantalla TFT panorámica de 19", 16 millones de colores, Interfaz PROFINET, Interfaz MPI/ PROFIBUS DP, memoria de configuración de 24 MB, WEC 2013, configurable a partir de WinCC Comfort V14 SP1 con HSP	
100410438	6AV2124-0XC02-0AX1 SIMATIC HMI TP2200 Comfort, Comfort Panel, mando táctil, Pantalla TFT panorámica de 22", 16 millones de colores, Interfaz PROFINET, Interfaz MPI/ PROFIBUS DP, memoria de configuración de 24 MB, WEC 2013, configurable a partir de WinCC Comfort V14 SP1 con HSP	
100176019	6AV2181-8XP00-0AX0 SIMATIC HMI SD MEMORY CARD 2 GB	
	Notas: ¹⁾ Suministro de importación bajo pedido.	Bajo Consulta

Siemens S.A. – Colombia.

Anexos 5. Sensor medidor de flujo de agua.



The screenshot shows the product page for a water flow sensor and valve on the Vistrónica website. The header includes the Vistrónica logo and navigation links for 'Tienda', 'Todos los Productos', and '¿Cómo pagar?'. The product title is 'SENSOR MEDIDOR DE FLUJO DE AGUA + ELECTROVÁLVULA 1/2 PULGADA'. It has a price of \$47,439 and 0 reviews. The quantity is set to 1, with an 'Al carrito' button. Below the main image are four smaller images showing different views of the device. A 'Cantidades disponibles' section shows 6 units available for 'Fusagesugá: E7-06C' and a total of 6 available. A digital timer at the bottom left shows 14:43:29.



The screenshot shows the 'DESCRIPCIÓN' tab of the product page. The description explains that the sensor can be used to measure the flow of liquids, such as water consumption in industrial or domestic settings. It provides an example of its use in a robotic cocktail dispenser. The sensor consists of a plastic body, a water rotor, and a Hall effect sensor. When water flows through the rotor, the rotor's speed changes, and the Hall effect sensor outputs a pulse signal. The 'Características' section lists the following specifications:

- Voltaje de funcionamiento: de 5 a 24 VCC
- Max consumo de corriente: 15 mA @ 5V
- Flujo de Trabajo Calificación: 1 a 30 litros / minuto
- Temperatura de funcionamiento: -25 a 80 ° C
- Ambito de humedad de trabajo: 35% -80% de humedad relativa
- la presión máxima del agua: 2,0 MPa
- ciclo de trabajo de salida: 50% + -10%
- tiempo de subida de la salida: 0.04us

A digital timer at the bottom left shows 14:40:52. The text 'ntenido del paquete.' is partially visible.

Ver pagina:<https://www.vistronica.com/valvulas/sensor-medidor-de-flujo-de-agua-electrovalvula-12-pulgada-detail.html>

Anexos 6. Electrovalvula metalica DCF.

Vistrónica
Tienda ▾ Todos los Productos ▾ ¿Cómo pagar?

[Inicio](#) / [Válvulas](#) / [Electroválvula Metálica DCF-HS15W 12V 1/2 Pulgada sin Presión](#)








13:29:56

ELECTROVÁLVULA METÁLICA DCF-HS15W 12V 1/2 PULGADA SIN PRESIÓN

★★★★★ 0 comentarios

\$ 49.504

Descuentos por volumen

Cantidad	Precio	Usted ahorra
10	\$ 47.722	Hasta \$ 17.821
20	\$ 45.940	Hasta \$ 71.286
50	\$ 43.564	Hasta \$ 297.024
100	\$ 42.375	Hasta \$ 712.658

CANTIDAD

-
+
Al carrito

Vistrónica
Tienda ▾ Todos los Productos ▾ ¿Cómo pagar?

DESCRIPCIÓN
DETALLES DEL PRODUCTO
COMENTARIOS
CUSTOM TAB

Valvula Solenoide metalica, compatible con rosca G1/2", se encuentra normalmente cerrada. Esta puede ser instalada en cualquier ángulo, pese a ello, se recomienda posicionarla en direccion horizontal. Se utiliza para controlar automaticamente el flujo de agua, trabaja con un voltaje de 12 VDC. Pese a su pequeno tamaño, es bastante practica, alcanzando un nivel de presion de hasta 0.02 Mpa, logrando su accionamiento por el efecto de gravedad.

Este modelo está equipada de una caja plástica que permite proteger los cables de alimentación de la lluvia, permitiendo así que la electrovalvula sea instalada en la intemperie.

Características

Modelo: DCF-HS15W

Medio de funcionamiento: Agua y fluidos de baja viscosidad

Voltaje de operación: 12 VDC

Potencia nominal: 5W

Modo de operación: Acción directa

Tipo de accionamiento: Normalmente cerrada

Díámetro nominal: 8 mm

Tamaño de puerto: G1/2"

Presión salida de agua: 0 a 0.02 Mpa

Temperatura de operación: -5° C a 60° C

13:29:03

Ver página: <https://www.vistronica.com/valvulas/electrovalvula-metalica-dcf-hs15w-12v-12-pulgada-sin-presion-detail.html>

Anexos 7. Sensor de temperatura PT100.

Tienda Todos los Productos ¿Cómo pagar?

[Inicio](#) / [Sensores](#) / [Temperatura](#) / [Sensor de Temperatura PT100](#)



SENSOR DE TEMPERATURA PT100

★★★★★ 0 comentarios

\$ 23.800

Descuentos por volumen

Cantidad	Precio	Usted ahorra
10	\$ 23.229	Hasta \$ 5.712
20	\$ 22.658	Hasta \$ 22.848
50	\$ 21.896	Hasta \$ 95.200
100	\$ 21.515	Hasta \$ 228.480

CANTIDAD

[Al carrito](#)

[Fuera de stock](#)

DESCRIPCIÓN

DETALLES DEL PRODUCTO

COMENTARIOS

CUSTOM TAB

Este sensor de temperatura es ampliamente utilizado para aplicaciones industriales o de laboratorios que usan equipos de prueba de temperatura. Esta hecho de un material de hilo fixing de protección de tubo de acero inoxidable (parte de la sonda), de alambre de plomo que permite aislamiento (teflon con protección electromagnética).

Longitud de tubo de protección 10cm

Díametro de parte de la sonda 0.05cm

Hilo fixing (rosca cónica) 1/4 pulgada

Rango de medición -50°C a +420°C

Longitud del cable 80cm

Longitud de sonda 16cm

1 x Sensor de Temperatura PT100

16 otros productos en la misma categoría:

13:00:15

Ver página: <https://www.vistronica.com/sensores/temperatura/sensor-de-temperatura-pt100-detail.html>