

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE
DATOS PARA EL CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA
CONFECCIÓN TEXTIL**

HAMINTON SMITH GUERRA MARIN

LINA METAUTE LONDOÑO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO

INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEDELLÍN

2016

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE
DATOS PARA EL CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA
CONFECCIÓN TEXTIL**

HAMINTON SMITH GUERRA MARIN

LINA METAUTE LONDOÑO

Proyecto de emprendimiento para optar al título de ingeniería industrial

Asesor:

JACOBO ECHAVARRÍA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO

INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEDELLÍN

2016

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor de grado **Jacobo Echavarría** por su acompañamiento y dedicación durante todo este tiempo, gracias profesor de no haber sido por usted no habiéramos logrado nuestras metas.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. Diseño y construcción de un sistema de adquisición de datos Para el control de la producción en confección textil.	14
1.1. Planteamiento del problema	14
1.2. Formulación del problema.	16
2. OBJETIVOS.	17
2.1. Objetivo general.	17
2.2. Objetivos específicos.	17
3. JUSTIFICACIÓN.	18
4. MARCO DE REFERENCIAS	19
4.1. Marco contextual.	19
4.1.1 Innovación en la industria de confección en Colombia	19
4.2. Descripción del proceso de confección textil.	20
4.2.1 Diseño y patronaje.	20
4.2.2 Extendido, marcado y corte.	20
4.2.3 Corte por presión o troquel .	20
4.2.4 Corte automático.	20
4.2.5 Confección. .	21
4.2.6 Revisado y etiquetado. .	21
4.2.7 Plancha	21
4.2.8 Plegado, embalado y transportado	22
4.3 Mercado globalizado	22
5. MARCO TEÓRICO	24
5.1 Ingeniería industrial	24
5.1.1 Métodos y sistemas de trabajo	24
5.1.1.1 Estudio de métodos	25
5.1.1.2 Estudio de tiempos.	25
5.1.1.3 Limitación del alcance del trabajo.	25
5.1.1.4 Alcance de la ingeniería de métodos y del estudio de tiempos.	26
5.1.1.5 Sistemas de pagos de salarios.	28
5.1.1.6 Medición del trabajo.	29

5.1.2	Indicadores de producción	30
5.1.2.1	Productividad.	31
5.1.2.2	Eficiencia	32
5.1.2.3	Rendimiento	32
5.1.2.4	Análisis de elementos y recolección de datos en la ingeniería industrial.	32
5.1.3	Sistemas y recursos productivos	33
5.1.3.1	Sistemas de producción	34
5.1.3.1.1	Sistemas de producción continua.	34
5.1.3.1.1.2	Producción en masa	35
5.1.3.1.1.3	Sistema Lineal	35
5.1.3.1.2	Producción por procesos	36
5.1.3.1.3	Sistemas de producción intermitente	36
5.1.3.1.4	Sistemas de producción modular	36
5.1.3.1.4	Sistemas de producción por lotes	37
5.1.3.1.5	Sistemas de producción por proyectos	37
5.1.4	Herramientas de calidad en la ingeniería industrial	37
5.1.4.1	Diagrama de causa – efecto	37
5.1.4.2	Planillas de inspección.	38
5.1.4.3	Gráficos de control	39
5.1.4.4	Diagramas de flujo	40
5.1.4.5	Histogramas.	41
5.1.4.6	Diagrama de Pareto.	41
5.1.4.7	Diagramas de dispersión.	42
5.1.5	OEE	43
5.1.5.1	Ventajas del OEE.	44
5.1.5.2	Tiempo de carga.	45
5.1.6	Teoría de las restricciones	47
5.1.6.1	Tipos de restricciones.	48
5.1.6.2	Pasos a tener en cuenta en teoría de restricciones	48
5.2	Automatización y control	50
5.2.1	Sistema de automatización	50
5.2.2	Monitoreo y control	50
5.2.3	Elementos de un sistema automatizado	50
5.2.3.1	Controlador.	51
5.2.3.2	Actuador	51
5.2.3.3	Sensores	51
5.3	Adquisición de datos	52
5.3.1	Como adquirir los datos	52
5.3.2	Tarjeta de adquisición de datos	55
5.3.2.1	Número de canales analógicos.	55
5.3.2.2	Velocidad de muestreo	55
5.3.2.3	Resolución	55
5.3.2.4	Rango de entrada.	57

5.3.2.5	Capacidad de temporización	57
5.3.3	Tipos de tarjetas de adquisición de datos	57
5.3.3.1	Arduino uno	57
5.3.3.2	Ni MyDAQ.	58
5.3.3.4	Herramientas para la adquisición de datos	59
5.3.3.4.1	Computador.	59
5.3.3.4.2	Software para la adquisición de datos.	59
5.3.3.4.2.1	Labview	60
5.3.3.4.2.2	Mat lab	60
5.3.3.4.2.3	Arduino	60
5.3.3.4.2.4	Lenguaje c++	60
5.3.3.4.2.5	Microsoft excel	61
6.	Diseño metodológico	62
6.1	Fase 1	62
6.2	Fase 2	65
6.3	Fase 3	68
7.	Resultados	71
7.1	Clasificación de variables	71
7.1.1	Hoja de análisis de variables	71
7.1.2	Diagrama causa efecto	73
7.1.3	Diagrama de Pareto	74
7.2	Selección de componentes	75
7.2.1	Matriz de criterios y evaluación	75
7.2.1.1	Selección de tarjeta de adquisición de datos.	77
7.2.1.2	Selección de componentes adicionales	78
7.2.1.3	Selección de software	79
8.	Ensamble	80
8.1	Ensamble de tarjeta arduino a protoboard.	80
8.2	Ensamble de teclado matricial.	80
8.3	Ensamble de pantalla.	81
9.	Programación del sistema	83
10.	Exportación de los datos a Excel	84
11.	Definición de los indicadores	89
11.1	Cálculo de indicadores	89
11.1.1	Plantillas utilizad	90

11.1.2	Menú	90
11.1.3	Plantilla datos del producto	91
11.1.4	Planilla del OEE	92
11.1.5	Plantilla resumen.	94
11.1.6	Planilla de costos	95
12	Instalación del sistema	96
12.1	Instalación sobre la maquina	96
12.2	Método de la operaria.	96
13.	Resultados del ensayo	98
13.1	Resultados de exportación de datos	99
13.2	Resultados OEE.	100
13.3	Indicadores generados.	103
13.3.1	Resultados de tablas de variables	104
13.3.2	Resultados de indicadores de producción.	105
13.3.3	Resultados de aprovechamiento de la máquina	106
13.3	Resumen de producción	107
14.	Conclusiones	

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Resumen de las tecnologías y de las técnicas aplicadas para el mejoramiento productivo en las empresas destacadas	3
Tabla 2. Resultados de hoja de análisis.	72
Tabla 3. Variables identificadas en el proceso.	73
Tabla 4. Matriz de criterios de evaluación.	76
Tabla 5. Selección de tarjeta de adquisición de datos.	77
Tabla 6. Selección de componentes.	78
Tabla 7. Matriz de selección de software.	79
Tabla 8. Relación de teclas, variables y códigos.	97
Tabla 9. Resumen de los beneficios.	109

LISTA DE FIGURAS

	pag
Figura 1. Procesos de confección textil	21
Figura 2. Sistemas productivos	34
Figura 3. Planillas de inspección	39
Figura 4. Gráfico de control	40
Figura 5. Histograma	41
Figura 6. Diagrama de Pareto	42
Figura 7. Diagramas de dispersión	43
Figura 8. Indicadores OEE	44
Figura 9. Arduino Uno	58
Figura 10. Tarjeta de adquisición de datos Ni MyDAQ	59
Figura 11. Fases del proceso de diseño	62
Figura 12. . Hoja de análisis	63
Figura 13. Diagrama causa efecto	64
Figura 14. Diagrama de Pareto	65
Figura 15. Matriz de criterios y evaluación	66
Figura 16. Matriz de selección de componentes	66
Figura 17. Matriz de selección de tarjeta de adquisición de datos	67
Figura 1.8 Matriz de selección de software	67
Figura 19. Cuadro de variables de indicaciones de uso	68
Figura 20. Menú	69
Figura 21. Identificación de restricciones	72
Figura 22. Gráfico de resultados	74
Figura 23. Arduino uno	77

Figura 24. Componentes adicionales	78
Figura 25. Adaptación de arduino, resistencia y placa Protoboard	80
Figura 26. Conexión del teclado	81
Figura 27. Conexión de la lcd	81
Figura 28. Construcción del sistema	82
Figura 29. Código de programación arduino uno	84
Figura 30. PLX-DAQ Exportación de datos	85
Figura 31. Plantilla base de datos	86
Figura 32. Plantilla hoja base	87
Figura 33. Gráficos de proceso	87
Figura 34. Gráficos de unidades producidas y revoluciones por maquina	34
Figura 35. . Menú de Opciones	90
Figura 36. Datos del producto	91
Figura 38. Plantilla del total del OEE	92
Figura 39. Indicadores de producción	93
Figura 40. Plantilla resumen	94
Figura 41. Plantilla de costos	95
Figura 42. Adaptación del sistema en la máquina	96
Figura 43. Método de la operaria	97
Figura 44. Adaptación del sistema en la máquina	98
Figura 45. Exportación de datos arduino PLX-DAQ	99
Figura 46. Cálculo OEE	101
Figura 47. OEE ,PLX-DQ	102

Figura 48. Datos de variables	104
Figura 49. Indicadores de producción	105
Figura 50. Relación de costos	106
Figura 51. Resumen de producción	107
Figura 52. Gráfico de producción	108

GLOSARIO

OEE: (OEE Overall Equipment Effectiveness Eficacia Global del Equipo) es un ratio de medida de la productividad que aglutina todos los conceptos incluidos en la utilización de unos medios para la fabricación.

ADQUISICIÓN DE DATOS: La adquisición de datos o adquisición de señales consiste en la toma de muestras del mundo real para generar datos que pueden ser manipulados por un computador, consiste en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en un computador.

TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS (DAQ): El hardware DAQ actúa como la interfaz entre una PC y señales del mundo exterior. Funciona principalmente como un dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes para que una PC pueda interpretarlas

NÚMERO DE CANALES ANALÓGICOS. Nos indica la cantidad de magnitudes distintas que podemos adquirir con la misma a la hora de hacer lecturas de datos.

ARDUINO UNO. Es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, reguladores de tensión, un puerto USB (en los últimos modelos, aunque el original utilizaba el puerto en serie) conectado a un módulo adaptador USB-serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda y también hacer pruebas de comunicación con el propio chip.

RESUMEN

La industria de la confección textil a pesar de ser uno del clúster en Colombia, se puede decir que es una de las industrias menos automatizadas en la actualidad donde la mayoría de los procesos se realizan de manera muy empírica y los indicadores de producción son complejos de cuantificar.

Teniendo en cuenta la necesidad existente de innovar con herramientas tecnológicas que permitan avanzar y competir en un mercado globalizado, se propone por medio del presente proyecto diseñar e implementar un sistema de adquisición de datos adecuado al proceso de confección que permitan cuantificar y medir los procesos productivos en tiempo real, generando indicadores de eficiencia y productividad de la planta.

Los tiempos improductivos empleados en este proceso repercute notablemente en la eficiencia de los de las empresas, generando de manera frecuente incumplimiento de entregas a los clientes, por tal motivo Los mayores beneficios estarán reflejados en los indicadores de la empresa ya que este sistema aumentara considerablemente la productividad de la planta permitiendo calificar en tiempo real los procesos en cuanto al aprovechamiento de la maquinaria y la eficiencia y productividad de cada uno de los operarios, identificando las restricciones que se presentan en el proceso lo que representa para la empresa una mejor velocidad de respuesta y por ende un mejor posicionamiento en el mercado.

ABSTRACT

The benefits will be reflected in the indicators of the company as this system greatly increases the productivity of the plant allowing to qualify in real time the processes in terms of the use of machinery, efficiency and productivity of each operator.

This allows us to highlight the importance of tools such as data acquisition, automation and control, as well as the implementation of systems controlled by micro controllers that allow the optimization of processes and business competitiveness.

1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN TEXTIL

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria textil en Colombia es catalogada como uno de las fuentes generadoras de empleo e ingresos a nivel nacional, siendo también una de las más importantes en cuanto a la exportación de producto. No es extraño escuchar hablar de Colombia como una potencia en la industria textilera ya que la producción de textiles representó para el año 2013 el 0,32% del PIB nacional y el 2,54% del PIB industrial. Por su parte la producción de confecciones representó el 0.89% y el 7.1% respectivamente.(Atexga, 2016)

El sector confeccionista cuenta con una variedad de sistemas de producción dentro de los cuales el sistema modular, sistema prenda completa, sistema celular y sistema lineal flexible se identifican como los más utilizados y en los cuales habitualmente se realiza el proceso de recolección de datos de las unidades producidas de manera manual; siendo los métodos más comunes de recolección de datos el formato de registro en el cual cada operaria anota su producción realizada durante el día, cada hora o en un rango específico de tiempo, el registro para adherir códigos de barra con la información de las unidades producidas en un periodo determinado de tiempo ya sea horario, o mas horas extras o turno completo también es utilizado el tablero de indicadores de producción por hora donde el líder del proceso anota las unidades producidas este método es muy utilizado en el sistema modular.(Atexga, 2016)

Estos métodos de recolección de datos de producción ocasionan perdidas de tiempos en el proceso, actividades adicionales para los operarios y personal adicional para el control y digitalización de los datos.

El análisis realizado en empresas como Confecciones DIQIU S.A.S, CONFECCIONES MARTHA MEZA S.A.S y CONFECCIONES ERIK S.A.S indican que cada una de estas empresas tiene un promedio de 20 operarias las cuales deben registrar los datos de unidades producidas cada hora y al día siguiente se recogen los registros de producción o cuadernos, posteriormente la información es digitada en el sistema por un empleado lo que permite una fácil manipulación de la información y la generación de indicadores de producción como eficiencia, rendimiento y productividad calculando así los costos diarios, Otro de los problemas presentes está relacionado con la veracidad de la información diligenciada, donde la mayoría de las veces no coincide con los datos reales de las unidades producidas ya que dichos datos son registrados por personal humano que puede fácilmente incurrir en errores y equivocaciones.

Los tiempos improductivos empleados en este proceso repercute notablemente en la eficiencia de los de las empresas, generando de manera frecuente incumplimiento de entregas a los clientes.

Actualmente el método utilizado no permite un control óptimo de la información y los antecedentes y avances en este campo están lejos de ser un proceso automatizado que permita la adquisición de los datos y el fácil manejo de la información, lo cual se puede considerar una situación preocupante teniendo en cuenta la necesidad existente de un sistema de características modernas e innovador que aumente la competitividad la industria de la confección textil en un marco globalizado.

Dentro de los avances de procesos o sistemas de automatización en el área de la confección se encuentran:

- Maquinaria con tableros electrónicos capaces de hacer programación de la puntada
- Automatización en el proceso de costura para la optimización de la producción
- Sistemas automáticos de maquina modernas bordadoras
- Semáforos electrónicos en las plantas de producción para indicar la eficiencia en forma general de la planta de producción(rojo-eficiencia bajo ,azul –término medio y verde eficiencia alta)

- A nivel general existen herramientas sistematizadas para el control de la trazabilidad de la producción (desde el momento del negocio hasta el despacho de la producción)

En Colombia se han implementado algunos adelantos tecnológicos e innovadores que ayudan a la optimización de los procesos de confección, pero no se ha desarrollado un adelanto innovador que permita tener la información actualizada en tiempo real para facilitar la toma de las decisiones en el momento oportuno, a pesar de que en la industria de la confección actualmente se utilizan herramientas que facilitan el tratamiento de la información no hay un sistema automatizado como el propuesto.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo sistematizar la información de las unidades producidas de manera automática en la industria de la confección?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de adquisición de datos para el control de producción en el área productiva de la confección textil

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las variables que dificultan el control de la información de manera automatizada.
- Seleccionar los componentes adecuados para la construcción de un sistema de adquisición de datos con las características apropiadas que permitan adaptabilidad al proceso productivo.
- Construir e implementar un sistema de adquisición de datos que permita monitorear el funcionamiento de las máquinas y el conteo de las unidades producidas

3. JUSTIFICACIÓN

La automatización de procesos en la actualidad es un factor indispensable para la industria textil ya que influye de manera directa a la hora de competir en un mercado globalizado, aun con la importancia que esto representa en la industria es conveniente resaltar que la confección textil perteneciente a uno de los clúster en Colombia es a la vez una de las industrias menos automatizadas en cuanto a la recepción y manejo de la información y por ende requiere de innovación y desarrollo en sistemas automatizados de información.

La propuesta de implementación de un sistema automático de recolección de datos en la industria de la confección textil es un adelanto innovador que permitirá avanzar de manera significativa en un manejo efectivo rápido y confiable de la información productiva de la planta.

Con este proyecto se beneficiaran todas las empresas de confección de Colombia teniendo en cuenta que es un sistema que aún no se encuentra implementado en la industria textil y que permite eliminar el proceso de recopilación de datos en los registros y de digitación en el sistema, beneficiando directamente los colaboradores de producción eximiéndolos de llevar la contabilidad y registro de todas las unida producidas durante cada hora, permitiendo así concentrar toda su fuerza laboral en la transformación de la prenda.

Se podrá disponer del personal encargado de la digitación de los datos diligenciados en los registros, utilizándolos en tareas que agreguen valor a los procesos o prescindiendo de sus servicios de ser necesario.

Los mayores beneficios estarán reflejados en los indicadores de la empresa ya que este sistema aumentara considerablemente la productividad de la

planta permitiendo calificar en tiempo real la eficiencia de cada uno de los operarios y detectando las restricciones que se presentan en el proceso lo que representa para la empresa una mejor velocidad de respuesta y por ende un mejor posicionamiento en el mercado.

4. MARCO DE REFERENCIAS

4.1 MARCO CONTEXTUAL

4.1.1 Innovación en la industria de confección en Colombia. Existe abundante experiencia empírica que permite afirmar que para innovar una empresa puede considerar las siguientes estrategias: incrementar los ingresos por productos nuevos o mejorados y/ó mejorar la eficiencia operativa a través de cambios en los métodos actuales y la inversión en tecnologías de producción. Fundamentalmente, se puede asegurar que los nuevos productos y procesos pueden ser obtenidos a partir del desarrollo del personal y la adquisición de tecnología clave. (Ortiz, 2006)

En cuanto a la estrategia que siguen las pymes en Colombia para la innovación, la mayoría de las veces ésta no se encuentra explícita, sin embargo, puede deducirse de análisis realizados en empresas pertenecientes a los más variados sectores. (Ortiz, 2006)

En general se encuentra que las principales fortalezas y debilidades para desarrollar innovación tecnológica en la pyme se tienen como **Fortalezas** la Flexibilidad - Velocidad de respuesta ante cambios externos - Comunicación interna efectiva y sus principales **Debilidades** se encuentran en una Débil infraestructura de investigación y desarrollo - Poco poder de mercado - Frágiles canales de distribución - Falta de recursos financieros para emprender actividades de investigación de mercados y tecnologías - Poca capacidad para la fabricación y el diseño/rediseño de maquinaria y equipo, para la organización de la producción, los programas de entrenamiento continuo y la introducción de CAD y CAM. Esta última debilidad tiene un gran impacto ya que este conjunto de innovaciones constituye un importante instrumento de

apoyo a las actividades productivas, encontrándose que su difusión ha elevado los parámetros de eficiencia industrial a nivel internacional. (Ortiz, 2006)

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONFECCIÓN TEXTIL.

Se basa en la transformación del tejido, obtenido en las fases anteriores, en un producto textil dirigido al consumidor final. Se dan dos fases centrales, la de corte y la de cosido pero el proceso completo se divide en: (Atexga, 2016)

4.2.1 Diseño y patronaje. El diseño consiste en la creación de un croquis de un modelo de prenda determinado para su fabricación posterior. Constituye el inicio de la actividad de confección e influirá de forma notable en el éxito o fracaso de la colección. (Atexga, 2016)

Al proceso de diseño le sigue el de patronaje que consiste en la realización de los patrones de la prenda a confeccionar (uno para cada pieza y talla). Los patrones sirven de modelo para cortar y coser. Previamente, se habrán elegido las tallas en las que se quieren fabricar cada diseño. A partir de estos patrones se crean marcadas de corte, que el cortador utiliza para cortar las piezas del patrón. (Atexga, 2016)

4.2.2 Extendido, marcado y corte. El proceso de corte engloba las operaciones de extendido y marcado y tiene por objeto cortar el perfil de los patrones de las prendas a confeccionar e identificar y agrupar las piezas cortadas por tallas, de tal forma que puedan ser manipuladas fácil y cómodamente en la sección de costura.

En el extendido, el tejido se extiende en varias pilas sobre una mesa de corte. Después se disponen las marcadas sobre el tejido a cortar, cuya longitud y anchura dependerán de las exigencias de producción. (Atexga, 2016)

4.2.3 Corte por presión o troquel. Los distintos elementos de la máquina de corte se presionan contra las fibras del tejido. En este proceso se pueden

utilizar distintas máquinas de corte (cortadora por presión de elementos, cortadora por presión de marcada entera, cortadora por presión a tela suelta y cortadora por presión de paneles) dependiendo de la marcada utilizada. (Atexga, 2016)

4.2.4 Corte automático. Se realiza por medio de una cuchilla que obedece las coordenadas impuestas por un ordenador central. El operario sólo interviene en las operaciones de mantenimiento o control.

4.2.5 Confección. En el proceso de confección se les da la forma y el acabado final necesario a los artículos para destinarlos a un uso específico es el nombre dado a la unión de todas las partes que componen la prenda por medio de costuras.

Figura 1. Procesos de confección textil



(Atexga, 2016)

En los puestos de confección se unen las piezas del tejido, previamente acondicionadas, de acuerdo al diseño. Para su ejecución, el operario, suele adoptar posturas inadecuadas por lo que es un proceso que tiene una influencia muy directa sobre el individuo. El acabado consiste en darle las últimas pinceladas (ojales, botones, entre otros) a la prenda antes de obtener el producto final. (Atexga, 2016)

4.2.6 Revisado y etiquetado. Una vez que la prenda ha sido confeccionada, se la revisa, manualmente o con una máquina, con el fin de constatar que la prenda ha sido confeccionada de forma adecuada y no presenta ningún defecto. Al mismo tiempo se procede a su limpieza si se detecta algún tipo de manchas antes de pasar al proceso de etiquetado, el etiquetado puede realizarse manualmente o con máquinas y consiste en colocar en la

superficie del tejido, mediante calor, con un cocido, a pistola, etc., unas etiquetas en las cuales deben aparecer una serie de datos identificativos de la prenda como son la talla, el fabricante, la composición, las formas de lavado y planchado. (Atexga, 2016)

4.2.7 Plancha. La finalidad de este proceso es darle a la prenda la apariencia final con la que llegará al usuario es un proceso muy manual y obliga a elegir métodos de trabajo muy específicos dependiendo de las peculiaridades de cada tipo de prenda, cada tipo de tejido, su composición, formas, para conseguir un buen planchado se deben dar una serie de factores como son humedad, presión, temperatura y enfriamiento de las prendas. (Atexga, 2016)

4.2.8 Plegado, embalado y transportado. El plegado y embolsado son los procesos que tienen lugar después del planchado. Se pueden realizar de forma manual o mecánica y pueden adaptarse a la forma de presentación del producto a través de una serie de automatismos que facilitan el empaquetado y sellado plástico, La materia textil es transportada a lo largo de las distintas fases del proceso de confección mediante diversos mecanismos. (Atexga, 2016)

4.3 MERCADO GLOBALIZADO

Textiles y confección enfrentan dura competencia China Los textileros y confeccionistas colombianos advierten sobre el peligro que representa China para este sector de la economía nacional. Las opiniones de los empresarios del sector están divididas: mientras unos dicen que la solución está en innovar, otros se inclinan por ofrecer precios bajos en los mercados internacionales, y unos más, en que se deben abrir puntos directos. (Atexga, 2016)

Aunque Estados Unidos es el país que brinda las mejores oportunidades para el sector de los textiles y la confección, ve con preocupación la avanzada de los chinos no sólo en Estados Unidos sino en el resto de América Latina. Según él, la innovación y la calidad con que Colombia ha enfrentado la competencia ya no son suficientes. Para los empresarios de este sector se hace necesario entrar de lleno a los Estados Unidos con el objetivo de estar

más cerca de los clientes, pues muchas empresas colocan sus prendas a través de distribuidores, pero se olvidan que están compitiendo contra marcas de otros países. (Giraldo, 2011)

Pero las preocupaciones no paran aquí; los industriales están a la expectativa pues nuevamente se venció la Ley de Preferencias Arancelarias Andinas (APDEA) para exportar a Estados Unidos, y porque aún no hay claridad sobre cuándo entra en vigencia el Tratado de Libre Comercio (TLC) con ese país, situaciones que dificultarían aún más la competencia contra China. (Giraldo, 2011)

Tradicionalmente, el debate de las confecciones chinas se ha centrado en torno a la baja calidad versus sus atractivos costos y tiempo de entrega, estrategia por medio de la cual han logrado acaparar un porcentaje importante del mercado mundial de textiles y confecciones. (Giraldo, 2011)

En la Tabla 1 se especifican y resumen los principales aspectos en relación con el nivel de tecnología y las técnicas de mejoramiento productivo que se aplican en las diferentes empresas del clúster.

Tabla 1. Resumen de las tecnologías y de las técnicas aplicadas para el mejoramiento productivo en las empresas destacadas.

Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia Clúster textil – confección - diseño y moda								
EMPRESAS	TECNOLOGIA						MEJORAMIENTO PRODUCTIVO	
	SOFTWARE			MAQUINARIA			TECNICAS	
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja		
DINO S.A	X	X			X	X	Incentivos, capacitación (tiempos y movimientos), Dpto. de ingeniería, Inversión en tecnología de diseño.	SENSIBILIZACIÓN AL CAMBIO TODOS LOS TRABAJADORES.
PELCO S.A		X		X	X	X	DPTO. Investigación y Desarrollo, Dpto. de Ingeniería.	
BALALAIKA	X	X			X	X	Lean Manufacturing (JIT, TOC, ISHIKAWA, KAIZEN Etc.)	
CL. IBLU		X	X		X	X	Indicadores de Gestión, Motivación del personal	
CONFORT JEANS		X	X		X	X	Aseguramiento de la Calidad, Motivación del personal, Indicadores de gestión, Logística Inversa, JIT.	
EXPO FARO	X	X		X	X		Polivalencia, Indicadores de gestión, Lean manufacturing, TOC, LEANTOC, TICS.	
DIDETEXCO	X	X		X	X		Indicadores de producción, Manejo eficiente de los recursos, Dpto. de investigación, TICS	
CL. REGENTE		X			X		Aseguramiento de Calidad SGC (indicadores), Certificación de proveedores (indicadores de productos no conformes)	
CL. RACKET BALL	X	X			X	X	Aseguramiento de Calidad SGS (indicadores), Lean manufacturing.	

(Mejía,Bravo, Montoya, 2011)

5. MARCO TEÓRICO

5.1 INGENIERÍA INDUSTRIAL.

La ingeniería industrial es el instrumento para la buena marcha de la fabricación, construcción, transporte, o incluso los sectores comerciales de cualquier empresa. Se dedica a mejorar el trabajo humano para realizar cualquier tipo de producción. Se ha basado en la ingeniería mecánica, sobre la economía, la sociología, la psicología, la filosofía, la contabilidad, para transferir estas ciencias mayores a un grupo distinto de la ciencia propia. Es la inclusión de los elementos económicos y humanos diferenciándola así de la establecida en campos más antiguos de la profesión” (Going, 1911) “(Velasquez, 2015)

Para lograr aplicar nuevos sistemas y tecnologías innovadoras en los procesos de producción es necesario la investigación de algunas teorías y metodologías que nos ofrece la ingeniería industrial, estas herramientas son utilizadas tradicionalmente para mejorar la productividad de las empresas y son inherentes a cualquier tipo de cambio ya que ayudan a comprender el impacto que estos cambios generan dentro de los procesos productivos.

Los métodos y las herramientas de la ingeniería industrial que se pueden ver involucrados con la implementación del presente proyecto son:

5.1.1 Métodos y sistemas de trabajo. El estudio del trabajo es una evaluación sistemática de los métodos utilizados para la realización de actividades con el objetivo de optimizar la utilización eficaz de los recursos y de establecer estándares de rendimiento respecto a las actividades que se realizan, Por ende se deduce que el Estudio de Trabajo es un método sistemático para el incremento de la productividad, es decir "Es una herramienta fundamental para el cumplimiento de los objetivos de la ingeniería i industrial, por tal motivo se puede considerar una de las más importantes técnicas del Estudio del Trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. (ingenieria industrial online , 2016)

5.1.1.1. Estudio de métodos. Es una de las principales técnicas para reducir el trabajo que lleva el producto o el proceso mediante la investigación sistematice y el examen crítico de los métodos y procesos existentes y el hallazgo e implantación de métodos mejores, para reducir la cantidad de trabajo principalmente al eliminar movimientos innecesarios del material o de los operarios .la medición del trabajo a su vez sirve para para reducir y finalmente eliminar los tiempos perdidos. y material, El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo, (Kanawaty, 1996)

Toda reorganización del estudio de métodos debe preceder a la medición del trabajo, de igual modo la eliminación del tiempo improductivo por deficiencias de la dirección debe preceder a toda ofensiva contra el tiempo improductivo aplicable a los trabajadores, más aun el solo hecho de que disminuyan las

demoras que la dirección pueda evitar tendrá a reducir el desperdicio del tiempo de los operarios, puesto que recibirán a tiempo trabajo (Kanawaty, 1996)

5.1.1.2 Estudio de tiempos. Esta actividad implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea 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.(Kanawaty, 1996)

El estudio cronométrico de tiempos, datos, estándares, datos de los movimientos fundamentales, muestra del trabajo, y estimaciones basadas en datos históricos. Cada una de estas técnicas tiene una aplicación en ciertas condiciones en saber cuándo es mejor utilizar una cierta técnica y llevar a cabo su utilización juiciosa y correctamente. (Niebel, Freivalds, 2009)

5.1.1.3 Limitación del alcance del trabajo. Una de las primeras decisiones que se debe de adoptar en el estudio del trabajo es la de definir exactamente el tipo de trabajo que se va a estudiar fijar sus límites y señalar que abarcara exactamente.(Kanawaty, 1996)

Para poder adoptar con mayor facilidad esas decisiones conviene entender cabalmente el problema que se plantea o la situación actual antes de examinar las soluciones o las mejoras. El conocimiento de la situación sea a través de la experiencia o mediante conversaciones con las diversas personas proporcionara un indicio de los límites de la investigación por lo menos es la etapa inicial. (Kanawaty, 1996)

El instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de los métodos, el estudio de tiempos y un sistema de pagos de salarios. En forma ordenada se debe comprender claramente que todos los aspectos de un negocio o industria sean ventas, finanzas, producción, ingeniería, costos, mantenimiento y administración; son áreas fértiles para la aplicación de métodos, y estudio de tiempos. (Kanawaty, 1996)

5.1.1.4 Alcance de la ingeniería de métodos y del estudio de tiempos. El campo de estas actividades comprende el diseño, la formulación, y la selección de los mejores métodos, proceso herramientas, equipos diversos, y especialidades necesarias para manufacturar un producto después de que ha sido elaborado los dibujos y planos de trabajo en la sección de ingeniería del

producto. El mejor método es compaginarse con las mejores técnicas o habilidades disponibles a fin de lograr una eficiente interrelación hombre-máquina. (Niebel, Freivalds, 2009)

Una vez se han establecido cabalmente un método, la responsabilidad de vigilar que se cumplan las normas o estándares predeterminados y de que los trabajadores sean retribuidos adecuadamente según su rendimiento.

Estas medidas incluyen también la definición del problema en relación con el costo esperado, la repartición del trabajo en diversas operaciones, el análisis de cada una de estas para determinar los procedimientos de manufactura, más económicos según la producción considerada, la utilización de los tiempos apropiados y finalmente las acciones necesarias para asegurar que el método prescrito sea puesto en operación cabalmente. Estos se refieren a una técnica para aumentar la producción por unidad de tiempo, y en consecuencia reducir el costo por unidad, cuanto más completo sea el estudio de los métodos, efectuado durante las etapas de la planeación tanto será menor la necesidad de los estudios de métodos adicionales durante la vida del producto. (Niebel, Freivalds, 2009)

Para desarrollar un centro de trabajo y análisis o estudios de métodos se debe de seguir un procedimiento sistemático el cual comprenderá las siguientes operaciones o pasos: (Niebel, Freivalds, 2009)

Algunos de los pasos esenciales que se deben considerar a la hora de realizar un estudio de métodos y sistemas de trabajo se encuentran a continuación.

- **Seleccionar.** el trabajo que se ha de estudiar y definir sus límites.
- **Registrar.** por observación directa todos los hechos relacionados con ese trabajo y recolectar de fuentes apropiadas todos los datos adicionales que sean necesarios.
- **Examinar.** de forma crítica el modo en que se realiza el trabajo, su propósito, el lugar en que se realiza, la secuencia en que se lleva a cabo y los métodos utilizados.

- **Establecer** el método más práctico económico y eficaz, mediante los aportes de las personas concernidas.
- **Evaluar:** las diferentes opciones para establecer un nuevo método comparando con relación costo eficacia, entre el nuevo método y el actual.
- **Definir:** el nuevo método de forma clara y presentarlo a todas las personas a quienes puedan concernir (dirección supervisores y trabajadores).
- **Implantar:** el nuevo método como una práctica normal y formar a todas las personas que han de utilizarlo.
- **Controlar:** la aplicación del nuevo método e implantar procedimientos adecuados para evitar una vuelta al uso del método anterior.

Cuando se utilizan estudios de métodos para perfeccionar un método de operación existente, la experiencia ha demostrado que a fin de lograr los máximos rendimientos hay que seguir un procedimiento sistemático similar al propuesto para el diseño del centro de trabajo inicial. Se determinan los siguientes pasos para asegurar la obtención de los resultados más favorables: (Niebel, Freivalds, 2009)

- Hacer una exploración preliminar.
- Determinar el grado de intensidad justificable del análisis.
- Elaborar diagramas de procesos.
- Investigar los enfoques necesarios para el análisis de las operaciones.
- Realizar un estudio de movimientos cuando se justifique.
- Comparar el método en uso con el nuevo método.
- Presentar el nuevo método.
- Verificar la implantación de este.

- Corregir los tiempos.
- Seguir la operación del nuevo método.

En realidad la ingeniería de métodos abarca todos estos pasos y esta se puede definir como el conjunto de procedimientos sistemáticos para someter a todas las operaciones de trabajo directo e indirecto a un concienzudo reconocimiento, con vistas a introducir mejoras que faciliten más la realización del trabajo y que permitan que este sea hecho en el menor tiempo posible y con una menor inversión por unidad producida. Por lo tanto el objetivo final de la ingeniería de métodos es el incremento en las utilidades de la empresa. (Niebel, Freivalds, 2009)

5.1.1.5 Sistemas de pagos de salarios. La función de pago de salarios está relacionada estrechamente con la sección del estudio de tiempos y de métodos de la actividad de producción. La evaluación de trabajos es una técnica para determinar equitativamente el valor relativo de las asignaciones de trabajo en una organización. Los objetivos principales de estas actividades son aumentar la productividad y reducir el costo por unidad permitiendo así que se logre la mayor producción de bienes para para mayor número de personas. (Niebel, Freivalds, 2009)

5.1.1.6 Medición del trabajo. La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo de invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según una norma de ejecución preestablecida. Es el medio por el cual la dirección puede medir el tiempo que se invierte en ejecutar una operación o una serie de operaciones de tal forma que el tiempo improductivo se destaque y sea posible separarlo del tiempo improductivo. Así se descubre su naturaleza, su existencia e importancia, Que antes estaban ocultas dentro del tiempo total, La medición del trabajo además de revelar la existencia del tiempo improductivo, también sirve para fijar tiempos tipo de ejecución del trabajo, y si más adelante surgen tipos improductivos, se notaran inmediatamente porque la operación tardara más que el tiempo tipo. Y la dirección pronto se enterará. La medición del trabajo es más probable que muestre las fallas de la misma dirección y de los trabajadores. (Kanawaty, 1996)

El tiempo total de fabricación de un producto puede aumentar a causa de malas características del modelo mismo, por el mal funcionamiento del proceso, o por el tiempo improductivo añadido en el curso de la producción y debido a deficiencias de la dirección o a la actuación de los trabajadores. Todos estos factores tienden a reducir la productividad de la empresa. (Kanawaty, 1996)

Dentro de los usos más frecuentes de la medición del trabajo encontramos los siguientes. (Kanawaty, 1996)

- Comparar la eficiencia de varios métodos en igualdad de condiciones, el mejor será el que lleve el menor tiempo.
- Repartir el trabajo dentro de los equipos con ayuda de diagramas de actividades.
- Determinar mediante diagramas de actividades múltiples para operario y maquina el número de máquinas que puede atender un operario.
- Obtener información en que basar el programa de producción incluidos datos sobre el equipo y la mano de obra que se necesitan para cumplir el plan de trabajo y aprovechar la capacidad de la producción.
- Obtener la información en que basar presupuestos de ofertas, precios de ventas y plazos de entrega.
- Fijar normas sobre uso de la maquinaria y desempeño de la mano de obra que puedan ser utilizadas con cualquiera de lo fines que anteceden y como base de sistemas de incentivos.
- Obtener información que permita controlar los costos de la mano de obra y fijar y mantener costos estándar.

A partir de los años setenta, este desarrollo se ha desplazado hacia el sector industrial y, más recientemente, hacia el equipo de cómputo por medio de software amigables con el usuario y al ambiente de trabajo, el desarrollo de la tecnología y las computadoras mantendrán a los especialistas en factores humanos y mejora de los procesos ocupados en el diseño de mejores lugares

de trabajo que contribuyan a la mejora de la productividad y la calidad del producto así como en el beneficio y ahorro de esfuerzos de los empleados.

5.1.2 indicadores de producción. Los indicadores de producción son una expresión matemática que muestra el comportamiento de alguna variable en el tiempo. La existencia de indicadores de gestión en un sistema de producción es de vital importancia para la implementación de procesos productivos, dado que permite la ejecución de ciclos de mejora continua, además de funcionar como parámetros de viabilidad de procesos. La productividad se define como la eficiencia de un sistema de producción, es decir, el cociente entre el resultado del sistema productivo (productos, clientes satisfechos - Ventas) y la cantidad de recursos utilizados; esta es una definición aritmética, dado que en la práctica se utiliza el término productividad, como una variable que define que tanto nos acercamos o alejamos del objetivo principal de un sistema. (ingeniería industrial online , 2016)

Dentro de un sistema productivo existen tantos índices de productividad como existan recursos, pues que todos ellos son susceptibles de funcionar como un indicador de gestión tradicional. (ingeniería industrial online , 2016)

5.1.2.1 Productividad. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la productividad puede definirse de la siguiente manera: “Es la relación producción – Insumo en un período específico, con la debida consideración de la calidad”.

La creación de bienes y servicios requiere transformar los recursos en bienes y servicios. Cuanto más eficiente hagamos esta transformación, más productivos seremos y mayor será el valor agregado y lo eficiente que hagamos esta transformación, más productivos seremos. Una producción alta sólo puede implicar que más personas están trabajando y que los niveles de empleo son altos (bajo desempleo), pero no implica necesariamente una productividad alta. La medición de la productividad es una forma excelente de evaluar la capacidad de un país para proporcionar una mejora en el estándar de vida de su población. Sólo mediante el incremento de la productividad puede mejorarse el estándar de vida. Aún más, sólo a través de los

incrementos la mano de obra, el capital y la administración recibir pagos adicionales.

La medición de la productividad puede ser bastante directa. Tal es el caso si la productividad puede medirse en horas-trabajo por tonelada de algún tipo específico de acero. Aunque las horas-trabajo representan una medida común de insumo, pueden usarse otras medidas como el capital (dinero invertido), y los diferentes materiales. (Heizer, Render, 2010)

Productividad = Unidades producidas / Insumo empleado

Productividad = Unidades producidas / Horas-hombre empleadas o

El uso de un solo recurso de entrada para medir la productividad, como se muestra en fórmula, se conoce como productividad de un solo factor. Sin embargo, un panorama más amplio de la productividad es la productividad de múltiples factores, la cual incluye todos los insumos o entradas (por ejemplo, capital, mano de obra, material, energía). La productividad de múltiples factores también se conoce como productividad de factor total. La productividad de múltiples factores se calcula combinando las unidades de entrada como se muestra a continuación: (Heizer, Render, 2010)

Productividad = Salida / Mano de obra + material + energía + capital + otros

5.1.2.2 Eficiencia. Es la capacidad de lograr los objetivos, con la menor cantidad de recursos posibles. Si gasta más de lo asignado para lograr el objetivo, no es eficiente. Por el contrario, si gasta menos de lo asignado y logra los objetivos, es eficiente. En un trabajador, la eficiencia se refleja en la capacidad que tiene para realizar un trabajo actividad o labor. (Vega, 2016)

Por lo anterior, el trabajo se refiere al “esfuerzo, actividad física o mental que se dirige hacia la producción o logro de un resultado que representen beneficios y ahorro de los recursos asignados ya que el desperdicio representa actividades, esfuerzo, tiempo, movimientos y otros que representan demora, costos o pérdidas; por el hecho de no hacer avanzar o agregar valor a un proceso **Eficiencia** = [trabajo] / [trabajo (+) desperdicio] x 100%. (Vega, 2016)

$$\text{Eficiencia} = [180] / [(180) + (50)] \times 100\% = 78\%$$

5.1.2.3 Rendimiento: Mide el ritmo de trabajo de cualquier actividad realizada por un operario o máquina, se puede definir como el concepto asociado al trabajo realizado, todo el mundo sabe que obtener un buen rendimiento supone obtener buenos y esperados resultados con poco trabajo. En Física este concepto se define como el cociente entre el trabajo útil que realiza una máquina en un intervalo de tiempo determinado y el trabajo total entregado a la máquina en ese intervalo. (Vega, 2016)

- **Cant.real *S.A.M/ turno** (ingeniería industrial online , 2016)

5.1.2.4 Análisis de elementos y recolección de datos en la ingeniería industrial. Después de terminar la identificación inicial, el siguiente paso es recolectar los datos para la fórmula, incorporados a estudios existentes o recabados mediante la realización de nuevos estudios para obtener una muestra suficientemente grande para cubrir el rango de trabajo de la fórmula obviamente, los elementos variables tienden a variar en proporción a algunas características del trabajo, como el tamaño, la forma o la dureza. Estos elementos deben estudiarse con cuidado para determinar qué factores influyen sobre el tiempo y en qué grado. En general, los elementos constantes no se deben desviar sustancialmente. En general, entre más estudios se usen, más datos habrá disponibles y más normales serán las condiciones reflejadas. Si así se desea, pueden usarse procedimientos estadísticos como la prueba de potencia para determinar el número exacto de estudios que deben recopilarse. (Niebel, Freivalds, 2009)

Formula del Procesamiento de información

$$H = \sum p_i \log_2 (1/Np_i)$$

$$\log_2 n = 1.4427 \ln n$$

$$\% \text{ redundancia} = (1 - H/NH_{\text{máx}}) \cdot 100$$

$$RT = a + bH \text{ (Niebel, Freivalds, 2009)}$$

5.1.3 Sistemas y recursos productivos. El área productiva o de fabricación es el proceso de mayor generación de valor agregado en cualquier organización. Los sistemas productivos han sido el eje de los procesos de desarrollo de las empresas de manufactura e industria alrededor del mundo. Hoy por hoy, suele subestimarse el alcance de los sistemas

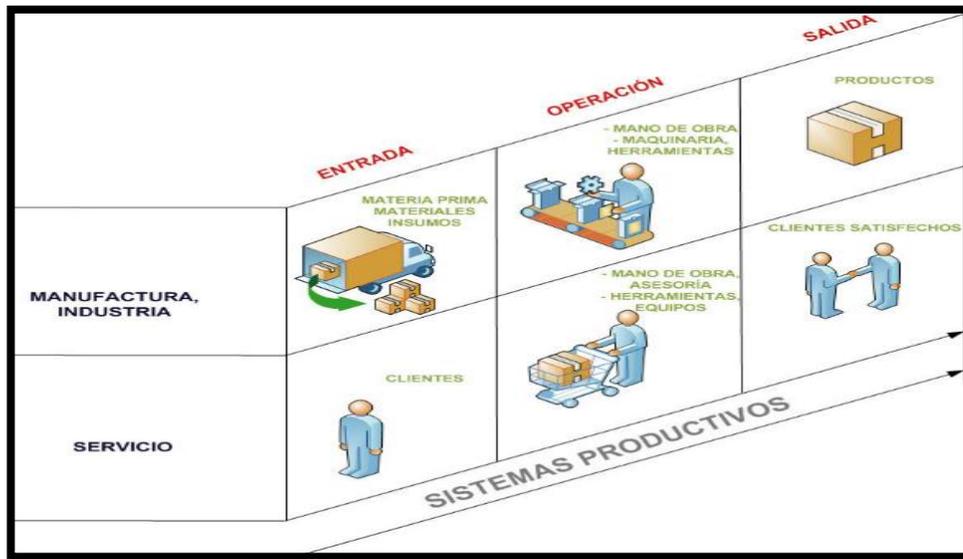
productivos en el proceso de obtener una ventaja competitiva, dado a que distintos factores y prácticas de vanguardia como la innovación, la optimización de los flujos logísticos y la implementación de nuevos sistemas de información están dando resultados muy positivos. (ingeniería industrial online , 2016)

5.1.3.1 Sistemas de producción. No obstante, los sistemas de producción son totalmente susceptibles de ser optimizados en materia de innovación, flexibilidad, calidad y costo, además de ser integrados a funciones tan importantes como la participación en el diseño y el mejoramiento continuo del producto, lo cual es totalmente compatible. (ingeniería industrial online , 2016)

El desarrollo de los sistemas de producción está estrechamente ligado con el desarrollo de la ingeniería industrial misma, y se encuentran históricamente en la evolución de los sistemas productivos de una producción artesanal (El más alto nivel de calidad y que representaba altos costos operativos) a una producción seriada (a causa de la segunda guerra mundial) en la cual primaba la fabricación repetitiva y de altos volúmenes, desde entonces la producción se ha convertido en el área más disciplinar de esta ingeniería y su desarrollo moderno redundo en los más afamados y eficientes sistemas productivos de la actualidad que permiten la implementación de flujos continuos de fabricación e incluso de la personalización masificada. (ingeniería industrial online , 2016)

Los sistemas productivos cuentan con la participación de múltiples actores, todos ellos sin importar la naturaleza de las organizaciones a las que pertenezcan son susceptibles de la toma de decisiones en aras de aumentar la eficiencia de los procesos, por ende la productividad depende de la optimización de los mismos, lógicamente dependiendo del contexto competitivo de las organizaciones. (ingeniería industrial online , 2016)

Figura 2. Sistemas productivos



(ingenieria industrial online , 2016)

5.1.3.1 Sistemas de producción. Los tipos de sistemas de producción industrial son objeto de estudio ya que su análisis permite determinar en cuáles de sus atributos residen los elementos capaces de aportar ventaja competitiva a través de una **mayor rentabilidad, una mayor eficiencia o unos estándares de calidad más elevados.** (Niebel, Freivalds, 2009)

➤ **5.1.3.1.1 Sistemas de producción continua.** Este método de producción se utiliza para fabricar, producir, o procesar materiales sin interrupción, a través de un proceso de flujo continuo que permite mantener los materiales en continuo movimiento y, generalmente, funcionando las 24 horas al día, siete días a la semana con alguna parada de mantenimiento aunque poco frecuentes. Sus principales características son: (Niebel, Freivalds, 2009)

- El flujo de producción es ininterrumpido.
- Los productos están estandarizados.
- Toda la producción sigue unos estándares de calidad.
- Se produce con anticipación a la demanda.
- Los procedimientos de trabajo están prefijados.

- **5.1.3.1.1.2 Producción en masa.** Es la producción de grandes cantidades de productos estandarizados en base a líneas de montaje. Se caracteriza por la mecanización como medio para lograr un alto volumen de unidades producidas, obtenidas partiendo de una cuidadosa organización de flujo de materiales a través de varias etapas de la fabricación, y en base a la supervisión de los estándares de calidad y la división del trabajo. (suplly, 2014)

- **5.1.3.1.1.3 Sistema Lineal.** La manufactura lineal considerada por algunos como producción por áreas o líneas está basada en la eficiencia del trabajador. Esta filosofía de producción persigue como principal estrategia incrementar el nivel de eficiencia en el trabajador por operación o tarea y por máquina utilizada. (Dominguez, 2008)

- **Balanceo Lineal.** El objetivo del balanceo Lineal es distribuir las cargas de trabajo en forma equitativa a las máquinas que conforman el área de producción, para ello es necesaria primeramente la estimación de los tiempos de producción de cada operación o proceso que conforman el ensamblaje de la prenda. Así tomamos el mismo ejemplo propuesto para el sistema modular en el que hacemos referencia el tiempo estándar de cada una de las operaciones de la prenda y la maquinaria utilizada. El S.A.M. total será la sumatoria de los S.A.M. individuales. (Dominguez, 2008)

- **5.1.3.1.2 Producción por procesos.** en este caso, el flujo de materiales también es continuo, pero todo el sistema productivo se destina a la fabricación de un solo bien el cual, una vez obtenido, no puede de ninguna manera descomponerse en sus materias primas. Este tipo de procesos están fuertemente mecanizados y requieren de una mano de obra muy poco cualificada, en contraste con la complejidad de las tecnologías que se aplican en la transformación. (suplly, 2014)

- **5.1.3.1.3 Sistemas de producción intermitente.** Los procesos de transformación de este tipo se suceden a intervalos irregulares y sin continuidad de flujo. Los productos son fabricados en base a los pedidos del cliente y, por eso, los bienes se producen en pequeña escala. En este

sistema, se producen grandes variedades de productos en los que tamaño, diseño y otras características intrínsecas al bien pueden variar, por lo que la flexibilidad es una de las principales características que los diferencian de los tipos de sistemas de producción continua. (suplly, 2014)

- **5.1.3.1.4 Sistemas de producción modular.** esta forma de producción parte de un enfoque que subdivide un sistema en partes más pequeñas, denominadas módulos, y que pueden ser creadas de forma independiente. Su uso puede aplicarse a sistemas distintos para obtener múltiples funcionalidades. Las principales características de este tipo de sistema de producción son:
 - Partición funcional del diseño de producto en módulos discretos escalables, reutilizables y formados por elementos independientes y aislados.
 - Uso riguroso de interfaces modulares bien definidas.
 - Facilidad de cambio que permita hacer uso de estándares industriales para las interfaces clave.
- **Balanceo Modular.** El objetivo del balanceo modular es distribuir las cargas de trabajo en forma equitativa a los operarios que conforman el módulo para ello es necesario primeramente la estimación de los tiempos de producción de cada operación o proceso que conforman el ensamblaje de la prenda. Así tenemos el ejemplo en la se debe determinar el tiempo estándar de cada una de las operaciones de un artículo y la maquinaria utilizada. El S.A.M. total será la sumatoria de los tiempos individuales (Dominguez, 2008)
- **5.1.3.1.4 Sistemas de producción por lotes.** este método de fabricación se utiliza para producir cantidades limitadas de un mismo producto bajo pedido. Su principal característica es la versatilidad de las instalaciones, que permiten producir diferentes tipos de bienes. Por esto mismo, la mano de obra ha de ser cualificada.
- **5.1.3.1.5 Sistemas de producción por proyectos.** este es el caso más complejo de producción intermitente ya que los requerimientos en materia

de recursos varían conforme evolucionan las fases del proyecto, los roles intervinientes se interrelacionan y pueden incluir personal externo a la empresa (contratas) y la necesidad de monitorización es superior a otros tipos de sistemas de producción para garantizar la actualización del planning por una parte, y, por otra, para adecuarse a las exigencias de auditoría que se imponen en cada caso. (suplly, 2014)

5.1.4 Herramientas de calidad en la ingeniería industrial. Como norma general, existen algunas características que se denominan críticas para establecer la calidad de un producto o servicio. Lo más común es efectuar mediciones de estas características, obteniendo así datos numéricos. Si se mide cualquier característica de calidad de un producto o servicio, se observará que los valores numéricos presentan una fluctuación o variabilidad entre las distintas unidades del producto fabricado o servicio prestado.(ingenieria industrial online , 2016)

Para realizar un mejor análisis de estos datos resulta útil apoyarse en lo que se denominan técnicas gráficas de calidad, como lo son las **siete herramientas básicas de calidad las cuales se relacionan a continuación:** (ingenieria industrial online , 2016)

5.1.4.1 Diagrama de causa – efecto. La variabilidad de una característica de calidad es un efecto o consecuencia de múltiples causas, por ello, al observar alguna inconformidad con alguna característica de calidad de un producto o servicio, es sumamente importante detallar las posibles causas de la inconsistencia. La herramienta de análisis más utilizada son los llamados **diagramas de causa - efecto**, conocidos también como **diagramas de espina de pescado**, o **diagramas de Ishikawa**. Para hacer un diagrama de causa - efecto se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Elegir la característica de calidad que se va a analizar. Por ejemplo, en la producción de frascos de mermelada, la característica podría ser el peso del frasco lleno, la densidad del producto, los grados brix, etc. Trazamos una flecha horizontal gruesa en sentido izquierda a derecha, que representa el proceso y a la derecha de ésta escribimos la característica de calidad.

2. Indicamos los factores causales más importantes que puedan generar la fluctuación de la característica de calidad. Trazamos flechas secundarias diagonales en dirección de la flecha principal. Usualmente estos factores causales se ven representados en Materias primas, Máquinas, Mano de obra, Métodos de medición, etc.

3. Anexamos en cada rama factores causales más detallados de la fluctuación de la característica de calidad. Para simplificar ésta labor podemos recurrir a la técnica de interrogatorio. De ésta forma seguimos ampliando el diagrama hasta asegurarnos de que contenga todas las posibles causas de dispersión.

4. Verificamos que todos los factores causales de dispersión hayan sido anexados al diagrama. Una vez establecidas de manera clara las relaciones causa y efecto, el diagrama estará terminado.

5.1.4.2 Planillas de inspección. Las planillas de inspección son una herramienta de recolección y registro de información. La principal ventaja de éstas es que dependiendo de su diseño sirven tanto para registrar resultados, como para observar tendencias y dispersiones, lo cual hace que no sea necesario concluir con la recolección de los datos para disponer de información de tipo estadístico. El diseño de una planilla de inspección precisa de un análisis estadístico previo, ya que en ella se preestablece una escala para que en lugar de registrar números se hagan marcaciones simples.

Figura 3 . Planillas de inspección

PLANILLA DE INSPECCIÓN																
Producto:	Ensamble A													N°:		
Característica de Calidad:	Peso total del ensamble															
Magnitud:	Peso - Kilogramos															
Fecha:	19-ago-12															
Proceso:	ENS - O1 - M2															
N° de lote:	3758 - T2															
Inspector:	Ing. Salazar															
Escala	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
Frecuencia																
30																
25																
20								+								
15								+	+							
10								+	+	+						
5								+	+	+	+					
0								+	+	+	+	+	+	+	+	+
Frecuencia	0	1	1	5	5	13	20	21	17	18	10	10	5	2	1	0

(ingenieria industrial online , 2016)

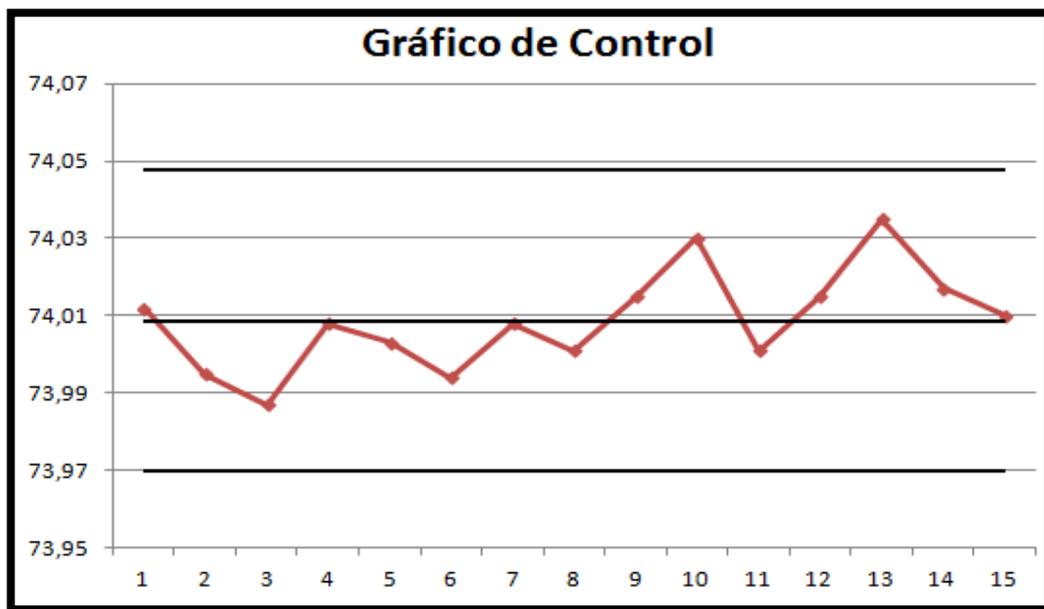
La planilla de dispersión permite discriminar los límites de control estadístico. Luego de una cantidad considerable de mediciones, así luciría nuestra en caso de ser diligenciada: (ingenieria industrial online , 2016)

Permite observar como al mismo tiempo que se registran los resultados, la planilla va mostrando cual es la tendencia central de las mediciones, el rango de las observaciones y al tener discriminados los límites de control, se puede observar qué cantidad de producto cumple con las especificaciones.

5.1.4.3 Gráficos de control. Los gráficos o cartas de control son diagramas preparados donde se van registrando valores sucesivos de la característica de calidad que se está estudiando. Estos datos se registran durante el proceso de elaboración o prestación del producto o servicio. Cada gráfico de control se compone de una línea central que representa el promedio histórico, y dos límites de control (superior e inferior). (ingenieria industrial online , 2016)

Existen una gran cantidad de gráficos de control, por ejemplo, los gráficos X - R, gráficos np, gráficos C, gráficos Cusum, entre otros. Cuál elegir dependerá del tipo de variable a evaluar, o de lo que esperamos nos arroje el estudio, así mismo, variará el método de cálculo de la línea central y los límites de control.

Imagen 4. Gráfico de control



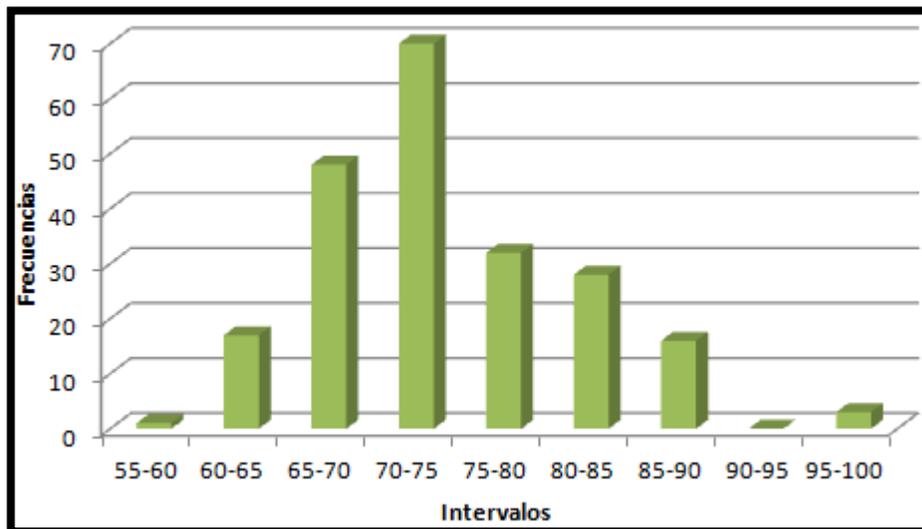
(ingeniería industrial online , 2016)

5.1.4.4 Diagramas de flujo. Un diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, esperas, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso. Su importancia consiste en la simplificación de un análisis preliminar del proceso y las operaciones que tienen lugar al estudiar características de calidad. Ésta representación se efectúa a través de formas y símbolos gráficos usualmente estandarizados, y de conocimiento general. (ingeniería industrial online , 2016)

Los ingenieros industriales usualmente recurrimos a la norma ASME – guía para la elaboración de un diagrama de flujo, para efectuar un determinado diagrama de flujo al proceso en estudio.

5.1.4.5 Histogramas. Un histograma o diagrama de barras es un gráfico que muestra la frecuencia de cada uno de los resultados cuando se efectúan mediciones sucesivas. Éste gráfico permite observar alrededor de qué valor se agrupan las mediciones y cuál es la dispersión alrededor de éste valor. La utilidad en función del control de calidad que presta ésta representación radica en la posibilidad de visualizar rápidamente información aparentemente oculta en un tabulado inicial de datos. (ingenieria industrial online , 2016)

Imagen 5. Histograma

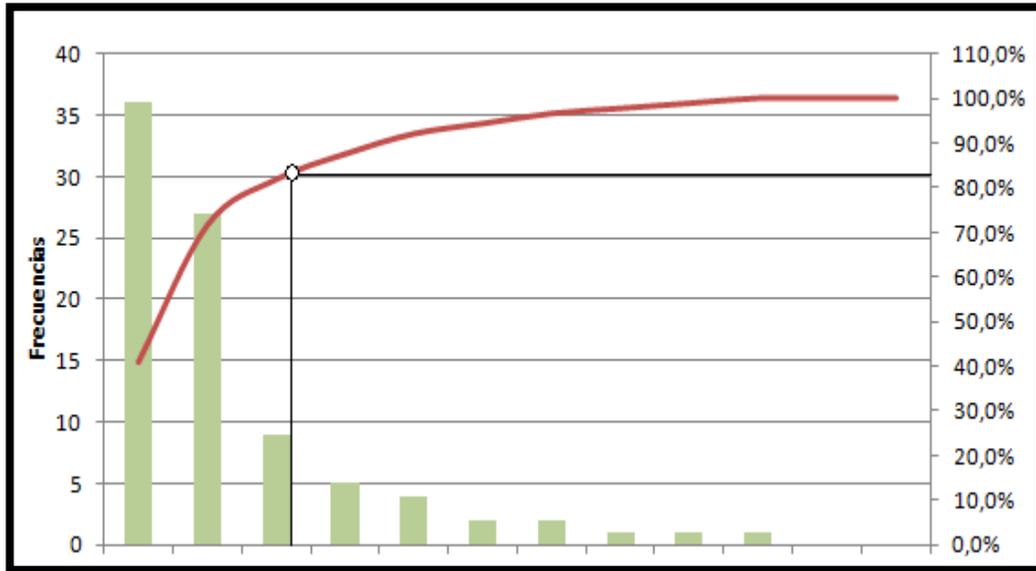


(ingenieria industrial online , 2016)

5.1.4.6 Diagrama de Pareto. El diagrama de Pareto es una variación del histograma tradicional, puesto que en el Pareto se ordenan los datos por frecuencia de mayor a menor. El principio de Pareto, también conocido como la regla 80 -20 enunció en su momento que "el 20% de la población, poseía el 80% de la riqueza". Evidentemente son datos arbitrarios y presentan variaciones al aplicar la teoría en la práctica, sin embargo éste principio se aplica con mucho éxito en muchos ámbitos, entre ellos en el control de la calidad, ámbito en el que suele ocurrir que el 20% de los tipos de defectos, representan el 80% de las inconformidades. (ingenieria industrial online , 2016)

El objetivo entonces de un diagrama de Pareto es el de evidenciar prioridades, puesto que en la práctica suele ser difícil controlar todas las posibles inconformidades de calidad de un producto o servicios. (ingenieria industrial online , 2016)

Imagen 6. Diagrama de Pareto



(ingenieria industrial online , 2016)

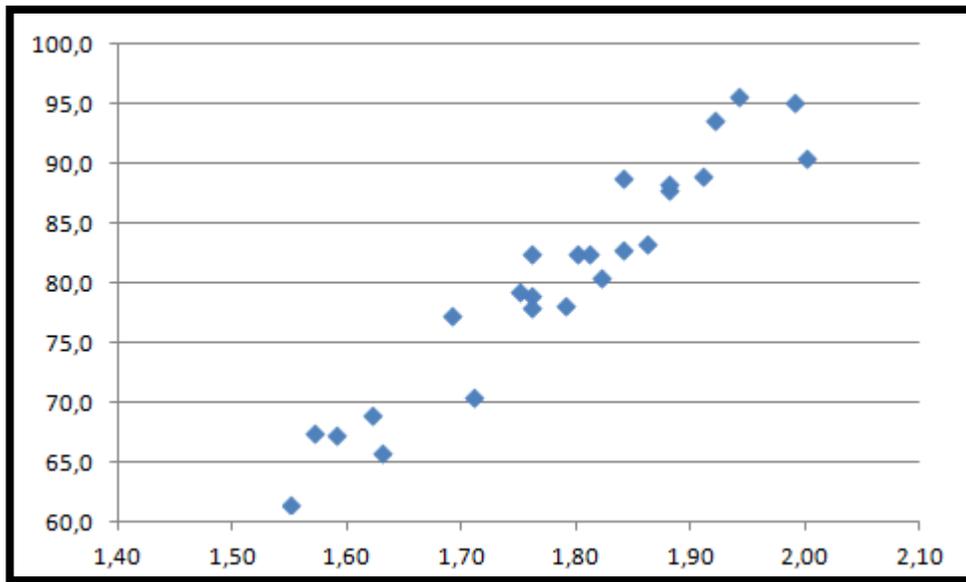
5.1.4.7 Diagramas de dispersión. También conocidos como gráficos de correlación, estos diagramas permiten básicamente estudiar la intensidad de la relación entre 2 variables. Dadas dos variables X y Y, se dice que existe una correlación entre ambas si éstas son directa o inversamente proporcionales (correlación positiva o negativa). En un gráfico de dispersión se representa cada par (X, Y) como un punto donde se cortan las coordenadas de X y Y.

Supongamos que en un proceso se ha evidenciado cierta fluctuación del peso del producto terminado, luego de efectuar un análisis de posibles causas se presume que el parámetro de humedad del proceso (que se puede controlar) tiene una directa relación con los cambios del peso. Para ello se efectúa un registro del parámetro del proceso y el peso del producto final, tal como observaremos en el siguiente tabulado:

(ingenieria industrial online , 2016)

Se desea establecer si existe una relación una correlación entre las variables del proceso, por ello se tabula en un diagrama de dispersión:

Imagen 7. Diagramas de dispersión



(ingenieria industrial online , 2016)

5.1.5 OEE. (OEE Overall Equipment Effectiveness Eficacia Global del Equipo) es un ratio de medida de la productividad que aglutina todos los conceptos incluidos en la utilización de unos medios para la fabricación. El OEE es un indicador que mide la eficacia de la maquinaria industrial, y que se utiliza como una herramienta clave dentro de la cultura de mejora continua. Sus siglas corresponden al término inglés "Overall Equipment Effectiveness" o "Eficacia Global de Equipos Productivos". (SistemasOEE, 2016)

Fue utilizado por primera vez por Seiichi Nakajima, el fundador del TPM: Total Productive Maintenance, como la herramienta de medición fundamental para conocer el rendimiento productivo de la maquinaria industrial. Su reto fue aún mayor al crear un sentimiento de responsabilidad conjunta entre los operarios de las máquinas y los responsables de mantenimiento para trabajar en la mejora continua y optimizar la Eficacia Global de los Equipos (OEE). (SistemasOEE, 2016)

En las empresas a menudo existe la necesidad de poder cuantificar la productividad y eficiencia de los procesos productivos. Además hay que tener en cuenta que sólo lo que se mide se puede gestionar y mejorar. Ahí es donde entra el OEE. Esta herramienta es capaz de indicar, mediante un porcentaje, la eficacia real de cualquier proceso productivo. Esto es un factor clave, para poder identificar y paliar posibles ineficiencias que se originen durante el proceso de fabricación. (SistemasOEE, 2016)

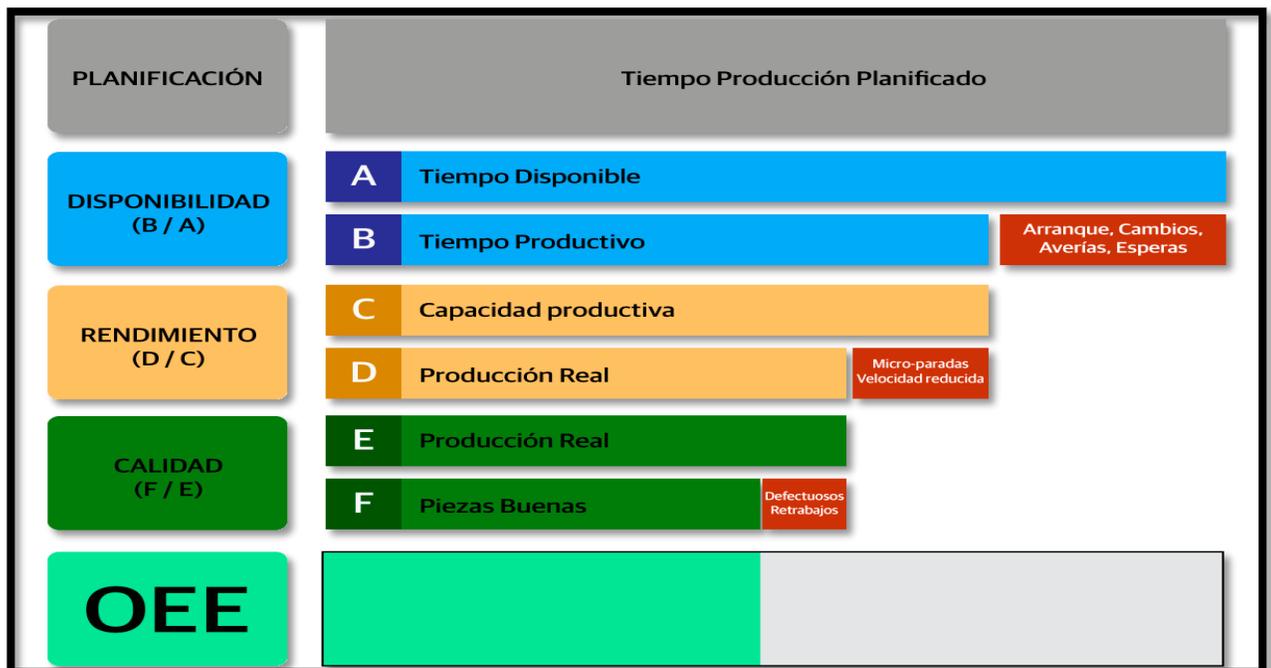
5.1.5.1 Ventajas del OEE. La correcta implementación de un sistema OEE repercute directamente en el rendimiento que se va a obtener del proceso de manufactura. Esto se debe a que se reducen los tiempos en los que las máquinas están paradas, se identifican las causas por las que hay pérdidas de rendimiento (cuellos de botella y velocidades reducidas), y aumenta el índice de calidad del producto, minimizando reprocesos y pérdidas ocasionadas por elaboración de producto defectuoso. No sólo eso, mostrar información fiable en tiempo real del proceso aumenta significativamente la eficiencia de los empleados, y facilita su trabajo. En el caso de que quieras saber más beneficios, este es el artículo 10 ventajas del OEE.

El indicador OEE se calcula a partir de tres factores, que como él mismo, son porcentajes: (SistemasOEE, 2016)

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

¿Deseas aprender a calcular el OEE? Aquí tienes el artículo dónde mostramos cómo conseguirlo. Imagen (cálculo del OEE)

Figura 8. Indicadores OEE



(SistemasOEE, 2016)

- **% Disponibilidad.** Cociente del Tiempo Productivo, entre el Tiempo Disponible, para un periodo de producción determinado. Se ve afectada por

las paradas que se producen en el proceso de fabricación, por ejemplo: arranques de máquinas, cambios, averías y esperas. (SistemasOEE, 2016)

- **% Rendimiento.** Cociente de la Producción Real, entre la Capacidad Productiva, para un periodo de producción determinado. El rendimiento se ve afectado por las micro paradas y la velocidad reducida. (SistemasOEE, 2016)
- **% Calidad.** Cociente de la Producción Buena, entre la Producción Real. El porcentaje de calidad se ve lastrado por re-trabajos o piezas defectuosas. (SistemasOEE, 2016)

Estos factores pueden englobar diferentes conceptos o/y recibir otras denominaciones en cada empresa. Una manera fácil de entender este concepto es representarlo como el flujo de agua que circula por un acueducto. Cada uno de los factores es como una grieta en un arco que deja perder parte del agua que circula. Así, cada arco trabaja con la cantidad de agua que no se ha perdido en el arco anterior. La productividad queda representada por la cantidad final de agua que podemos utilizar al final del trayecto. (SistemasOEE, 2016)

Esta útil herramienta nos permite analizar el comportamiento en general de un sistema productivo, por lo tanto, es de vital importancia para incrementar el índice OEE tener información veraz del origen de las pérdidas productivas y así poder tomar las decisiones adecuadas para mejorar. (SistemasOEE, 2016)

5.1.5.2 Tiempo de carga. Es el tiempo que vamos a utilizar el equipo (línea, máquina, operarios...) porque tenemos referencias para fabricar en la misma. Diferenciamos aquí el concepto de Disponibilidad que mide el tiempo que el equipo está en condiciones de fabricar, es decir, si no vamos a utilizar el turno de noche para fabricar a pesar de que el equipo está en condiciones de ser utilizado no penalizaremos el grado de utilización. (SistemasOEE, 2016)

Es el tiempo que hemos utilizado el equipo pues debido a averías, faltas de material, cambios de referencia o de herramientas, descansos, etc. no hemos sido capaces de estar produciendo durante todo el turno. (SistemasOEE, 2016)

La utilización se define como el porcentaje de tiempo que el equipo ha estado funcionando respecto al tiempo de carga. (SistemasOEE, 2016)

$$U = \text{Utilización} = \frac{\text{tiempo de funcionamiento}}{\text{tiempo de carga}}$$

Disponemos de un sistema de captación de datos que nos dice que ha habido paradas en los distintos conceptos, de 30 minutos.

Rendimiento: Tiempo neto o tiempo teórico

$$\text{Piezas teóricas} = 45 \text{ piezas/hora} \times \frac{60'}{1 \text{ h}} \times 450' = 337,5 \text{ piezas}$$

$$R = \text{Rendimiento} = \frac{\text{piezas fabricadas}}{\text{piezas teóricas}} = \frac{300 \text{ piezas}}{337,5 \text{ piezas}} = 88,89\%$$

Q – Calidad: Tiempo útil

$$U = \text{Utilización} = \frac{\text{tiempo de funcionamiento}}{\text{tiempo de carga}} = \frac{450'}{480'} = 93,75\%$$

Por último calculamos el ratio de calidad Q que es el porcentaje de piezas buenas que hemos fabricado y que en términos de tiempo se define como el Tiempo útil que es el tiempo que deberíamos haber utilizado el equipo para fabricar el número de piezas buenas que hemos fabricado.

$$Q = \text{Ratio de calidad} = \frac{\text{piezas buenas}}{\text{piezas totales}} = \frac{\text{tiempo útil}}{\text{tiempo neto}}$$

Se han rechazado 21 piezas.

$$Q = \text{Ratio de calidad} = \frac{\text{piezas buenas}}{\text{piezas totales}} = \frac{300-21}{300} = 93,00\%$$

OEE = U x R x Q = Utilización x Rendimiento x Calidad

Teniendo en cuenta los datos de los ejemplos anteriores:

$$\mathbf{OEE} = 93,75\% \times 88,88\% \times 93,00\% = \mathbf{77,50\%}$$

Para cotejar el resultado podemos contrastar el tiempo que deberíamos haber empleado para la fabricación de 279 piezas buenas (Tiempo Útil) con el Tiempo de carga.

$$\text{Tiempo útil} = \frac{297 \text{ piezas}}{45 \text{ piezas/hora}} \times \frac{60'}{1 \text{ hora}} = \mathbf{372'}$$

$$\mathbf{OEE} = \frac{\text{tiempo útil}}{\text{tiempo de carga}} = \frac{372}{480} = \mathbf{77,50\%}$$

O las piezas que se deberían haber hecho a un rendimiento 100%, sin ninguna pérdida de calidad y durante todo el Tiempo de Carga.

$$\text{Piezas teóricas} = 45 \text{ piezas/hora} \times \frac{1 \text{ hora}}{60'} \times 480' = \mathbf{360 \text{ piezas}}$$

$$\mathbf{OEE} = \frac{\text{piezas buenas}}{\text{piezas teóricas} \times \text{carga}} = \frac{279}{360} = \mathbf{77,50\%}$$

5.1.6 Teoría de las restricciones. TOC se basa en que toda organización es creada para lograr una meta. Si nuestra organización tiene como meta el ganar dinero, debemos estar conscientes que los logros obtenidos, ha estado determinado por la o las restricciones que actúan sobre la organización. Si no hubiese existido alguna restricción, los logros obtenidos pudieron haber sido infinitos. (Leidinger, 2016)

Las restricciones del sistema determinan las posibilidades de obtener más de la meta de la organización.

5.1.6.1 Tipos de restricciones. Un proceso o sistema se pueden identificar mediante un análisis de teoría de restricciones diferentes tipos de restricciones que se en centran por lo general a (Leidinger, 2016)

- **Restricciones físicas.** Cuando la limitación pueda ser relacionado con un factor tangible del proceso de producción
- **Restricciones de mercado.** Cuando el impedimento está impuesto por la demanda de sus productos o servicios.
- **Restricciones de políticas.** Cuando la compañía ha adoptado prácticas, procedimientos, estímulos o formas de operación que son contrarios a su productividad o conducen (a veces inadvertidamente) a resultados contrarios a los deseados.

5.1.6.2 Pasos a tener en cuenta en teoría de restricciones

- **Identificar las restricciones.** Este Paso se puede decir que es el más difícil ya que normalmente llamamos "restricción" a los síntomas de no usar correctamente nuestro sistema. En general sentimos que tenemos miles de restricciones: falta de gente, falta de máquinas, falta de materiales, falta de dinero, falta de espacio, políticas macroeconómicas, ausentismo, exceso de stocks, etc. La Teoría General de los Sistemas sostiene que cualquiera sea el sistema y su meta, siempre hay unos pocos elementos que determinan su capacidad, sin importar cuán complejo o complicado sea. (Leidinger, 2016)
- **Explotar la restricción.** Las restricciones impiden al sistema alcanzar un mejor desempeño en relación a su Meta (Sea ésta ganar dinero, cuidar la salud de la población, aumentar el nivel cultural de la sociedad, etc.). Es fundamental, entonces, decidir cuidadosamente cómo vamos a utilizarlas, cómo vamos a explotarlas. Dependiendo de cuáles sean las restricciones del sistema, existen numerosos métodos para obtener de ellas el máximo provecho. (Leidinger, 2016)
- **Subordinar y nivelar la restricción.** Este paso consiste en obligar al resto de los recursos a funcionar al ritmo que marcan las restricciones del sistema, según fue definido en el paso anterior.

Como la empresa es un sistema, existe interdependencia entre los recursos que la componen. Por tal motivo no tiene sentido exigir a cada recurso que actúe obteniendo el máximo rendimiento respecto de su capacidad, sino que se le debe exigir que actúe de manera de facilitar que las restricciones puedan ser explotadas según lo decidido en el Paso 2, Es esencial, entonces, tener en cuenta las interdependencias que existen si se quiere realizar con éxito la subordinación. (Leidinger, 2016)

La SUBORDINACIÓN es quizás el paso más difícil de asimilar para quienes hemos sido educados en el Pensamiento Cartesiano. Aunque no es tarea sencilla IDENTIFICAR las restricciones, intuitivamente sabemos que existen. EXPLOTARLAS significa obtener lo máximo posible de ellas, lo que tampoco se opone a nuestra forma de pensar tradicional. Pero... ¿SUBORDINAR todo lo demás al ritmo que marcan las restricciones? ¿Obligar a la mayoría de los recursos a trabajar menos de lo que podrían? Eso sí que es exactamente opuesto a nuestro pensamiento tradicional. (Leidinger, 2016)

- **Elevar las restricciones de la empresa.** Para seguir mejorando es necesario aumentar la capacidad de las restricciones. Éste es el significado de ELEVAR.

Ejemplos de ELEVAR las restricciones del sistema son:

- La compra de una nueva máquina similar a la restricción.
- La contratación de más personas con las habilidades adecuadas
- La incorporación de un nuevo proveedor de los materiales que actualmente son restricción
- La construcción de una nueva fábrica para satisfacer una demanda en crecimiento.

En general nuestra tendencia es realizar este paso sin haber completado los pasos 2 y 3, Procediendo de ese modo estamos aumentando la capacidad del sistema sin haber obtenido aún el máximo provecho del mismo según como estaba definido originalmente.

5.2 Automatización y control. Las herramientas aplicadas a la automatización y control juegan un papel protagonista en el sistema a

implementar ya que en concepto de ingeniería industrial es la necesidad que se busca suplir dentro de la industria de la confección textil.

La Automatización Industrial es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, maquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana. Lo que se busca con la Automatización industrial es generar la mayor cantidad de producto, en el menor tiempo posible, con el fin de reducir los costos y garantizar una uniformidad en la calidad. (Olaya, 2015)

5.2.1 Sistema de automatización. Tomando como base un lenguaje de programación orientados a eventos, el sistema automatizado permitirá un comportamiento autónomo de un determinado proceso permitiendo una intervención mínima del operario. (Ponsa, Granollers, 2014)

Este conjunto de equipos, sistemas de información, y procedimientos van a permitir asegurar un desempeño independiente del proceso, a través de operaciones de control y supervisión. a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto Diseño Industrial (Ponsa, Granollers, 2014)

5.2.2 Monitoreo y control. El Sistema de Monitoreo y Control Remoto con Acceso Inalámbrico Bidireccional a Procesos Industriales se desarrolla por medio de la alimentación constante de los datos suministrados por el proceso a través de lecturas realizadas por un sistema automatizado, lo cual permite medir las señales identificando así las diferentes perturbaciones presentes en el proceso y corregirlas de manera oportuna. (Ponsa, Granollers, 2014)

5.2.3 Elementos de un sistema automatizado. El sistema de control va a actuar independiente del operario y va a determinar por sí mismo los mejores valores para las señales de control Para ello se contará con una referencia que es un valor dado por el operario, este valor es fijo y depende del tipo de proceso y de las exigencias que este amerite; es conocido como set-point, este valor es el que se desea alcanzar y mantener. (Ogata, 2012)

5.2.3.1 Controlador. Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error (diferencia entre

valor medido y deseado), para luego actuar a fin de corregir este error. Tiene por objetivo elaborar la señal de control que permita que la variable controlada corresponda a la señal de referencia. (Ogata, 2012)

Los controladores pueden ser de tipo manual, neumático, electrónico; los controladores electrónicos más usados son: computadoras con tarjetas de adquisición de datos, PLC (controladores lógicos programables), micro controladores (PIC). El tipo de controlador más común es el PLC, el cual es un equipo electrónico basado en microprocesadores, hace uso de memorias programables y regrabables (RAM), en donde se almacenan instrucciones a manera de algoritmos que van a permitir seguir una lógica de control. Contiene interfaces que le permiten manejar gran número de entradas Y salidas tanto analógicas como digitales. (Ogata, 2012)

5.2.3.2 Actuador. Los actuadores son dispositivos capaces de generar una acción como respuesta a una señal u orden. Existen varios tipos de actuadores como hidráulicos, neumáticos y eléctricos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando se necesita potencia, y los neumáticos se emplean para posicionamiento. Estos actuadores se encuentran asociados a cada uno de los procesos que se están monitoreando con los sensores y permiten generar acciones pertinentes y adecuadas, de acuerdo con los datos obtenidos del proceso (Ogata, 2012)

5.2.3.3 Sensores. Un sensor es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, conocidas como variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser de temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, caudal, humedad, pH, etc. Es posible la adquisición simultánea de varias señales análogas provenientes de los sensores que se encuentren en el proceso, permitiendo la escalabilidad y adaptación a cualquier tipo de necesidad en diversos entornos como el industrial, agrícola, o medioambiental, entre otros. (Ogata, 2012)

5.3 Adquisición de datos. La adquisición de datos o adquisición de señales consiste en la toma de muestras del mundo real para generar datos que pueden ser manipulados por un computador, consiste en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en un computador. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecue la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha

transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de adquisición de datos (DAQ). (technology, 2012)

El objetivo de cualquier sistema de adquisición de datos es proporcionar las herramientas y recursos necesarios para tomar señales físicas y convertirlas en datos que posteriormente se pueden procesar y mostrar. Un sistema de adquisición de datos se podría tomar como un grupo de hardware y software que permiten interactuar con el mundo real. (technology, 2012)

5.3.1 Como adquirir los datos. La adquisición de datos se inicia con el fenómeno físico o la propiedad física de un objeto (objeto de la investigación) que se desea medir. Esta propiedad física o fenómeno podría ser el cambio de temperatura o la temperatura de una habitación, la intensidad o la intensidad del cambio de una fuente de luz, la presión dentro de una cámara, la fuerza aplicada a un objeto, o muchas otras cosas. Un eficaz sistema de adquisición de datos puede medir todas estas diferentes propiedades o fenómenos. (technology, 2012)

Un sensor es un dispositivo que convierte una propiedad física o fenómeno en una señal eléctrica correspondiente medible, tal como tensión, corriente, el cambio en los valores de resistencia o condensador. La capacidad de un sistema de adquisición de datos para medir los distintos fenómenos depende de los transductores para convertir las señales de los fenómenos físicos mensurables en la adquisición de datos por hardware. Transductores son sinónimo de sensores en sistemas de DAQ. Hay transductores específicos para diferentes aplicaciones, como la medición de la temperatura, la presión, o el flujo de fluidos. DAQ también despliega diversas técnicas de acondicionamiento de señales para modificar adecuadamente diferentes señales eléctricas en tensión, que luego pueden ser digitalizados usando CED. (technology, 2012)

Las señales pueden ser digitales (también llamada señal lógica) o analógica en función del transductor utilizado. El acondicionamiento de señales suele ser necesario si la señal desde el transductor no es adecuado para la DAQ hardware que se utiliza. La señal puede ser amplificada o des amplificada, o puede requerir de filtrado, o un cierre patronal,

En el amplificador se incluye para realizar demodulación. Varios otros ejemplos de acondicionamiento de señales podría ser el puente de conclusión, la prestación actual de tensión o extinción al sensor, el aislamiento, Este pretratamiento de la señal normalmente lo realiza un pequeño modulo acoplado al transductor. (technology, 2012)

5.3.2 Tarjeta de adquisición de datos (daq). El hardware DAQ actúa como la interfaz entre una PC y señales del mundo exterior. Funciona principalmente como un dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes para que una PC pueda interpretarlas. Los tres componentes clave de un dispositivo DAQ usado para medir una señal son el circuito de acondicionamiento de señales, convertidor analógico-digital (ADC) y un bus de PC. (technology, 2012)

Las características más relevantes de una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) son:

- Número de canales analógicos
- Velocidad de muestreo
- Resolución
- Rango de entrada
- Capacidad de entrada
- Capacidad de temporización
- Forma de comunicarse con el computador

5.3.2.1 Número de canales analógicos. Nos indica la cantidad de magnitudes distintas que podemos adquirir con la misma tarjeta. Generalmente las tarjetas disponen de un único ADC y los diferentes canales se generan por medio de un multiplexor analógico. (technology, 2012)

5.3.2.2 Velocidad de muestreo. Cuanto mayor sea la velocidad de muestreo mejor representación obtendremos de la señal analógica, en cualquier caso la velocidad de muestreo debe ser siempre mayor que el doble de la frecuencia de la señal que queremos muestrear. (technology, 2012)

5.3.2.3 Resolución. Viene dada por el número de bits del ADC que se utiliza para representar cada muestra, a mayor número de bits del ADC la tarjeta será capaz de detectar variaciones menores en la señal. El número de distintos niveles en que se divide la señal viene dada por, siendo n la longitud de la palabra del conversor. (technology, 2012)

5.3.2.4 Rango de entrada. Indica los márgenes entre los que debe estar la señal de entrada para que pueda ser convertida. Las tarjetas de adquisición de datos suelen dar varias posibilidades que se pueden seleccionar por hardware o por software. (technology, 2012)

5.3.2.5 Capacidad de temporización. La capacidad de temporización interna en la propia tarjeta de adquisición de datos es una característica interesante en estos sistemas, ya que permite unas funcionalidades adicionales: (technology, 2012)

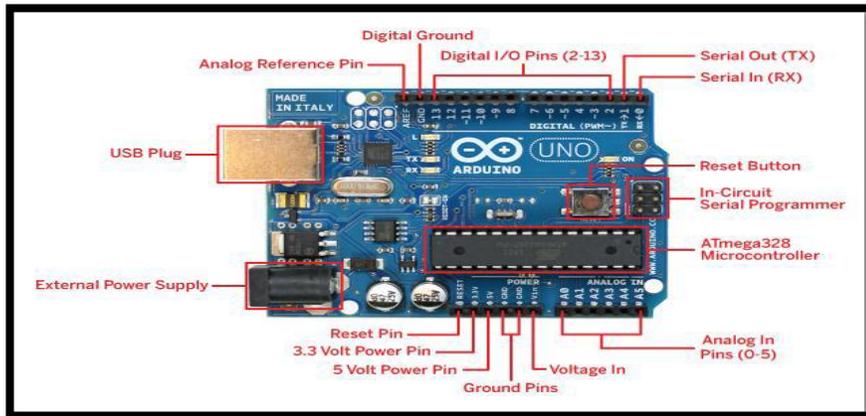
- Puede controlar los momentos en los que se debe leer una señal
- Identificar cuantas veces se ha producido un evento
- Generar formas de onda de acuerdo al reloj

5.3.3. Tipos de tarjetas de adquisición de datos

5.3.3.1. Arduino uno. Es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, reguladores de tensión, un puerto USB (en los últimos modelos, aunque el original utilizaba el puerto en serie) conectado a un módulo adaptador USB-serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda y también hacer pruebas de comunicación con el propio chip.

Un arduino dispone de 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y a los que puede conectarse cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5V
También dispone de entradas y salidas analógicas, se pueden obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje. Las salidas analógicas suelen utilizarse para enviar señales de control en forma de señales PWM. 25

Figura 9. Arduino Uno



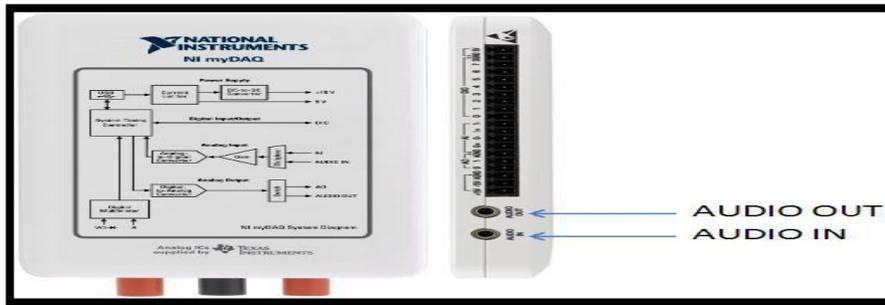
(technology, 2012)

5.3.3.2 Ni MyDAQ. Es una tarjeta de adquisición de datos portátil de bajo costo (DAQ) este dispositivo utiliza la plataforma Ni LabView basado en los instrumentos de software, permitiendo a los estudiantes medir y analizar las señales del mundo real. (technology, 2012)

Ni MyDAQ es ideal para explorar electrónica y tomar medidas de sensores, combinado con Ni LabView en el pc, los estudiantes pueden analizar y procesar las señales adquiridas y mantener control de procesos sencillos en cualquier momento y lugar. (technology, 2012)

NI MyDAQ proporciona entradas analógicas (AI), salidas analógicas (AO), entradas y salidas digitales (DIO), de audio, fuentes de alimentación y un multímetro digital (DMM) funciones en un compacto USB. 26. (technology, 2012)

Figura 10. Tarjeta de adquisición de datos Ni MyDAQ



(technology, 2012)

5.3.3.4. Herramientas para la adquisición de datos.

- **5.3.3.4.1 Computador.** Ofrece un procesador. Un sistema de reloj, un bus para la transferencia de datos, memoria y espacio en el disco para almacenar datos. El procesador controla la rapidez de datos aceptados por el convertidor, el sistema de reloj proporciona información acerca del tiempo de los datos adquiridos, Los datos son transferidos desde el hardware al sistema de memoria a través de la memoria dinámica de acceso (DMA) o interrupciones, la DMA es controlada por el hardware y por lo tanto es extremadamente rápida. La tasa de adquisición de datos también está determinada por la arquitectura del sistema del bus [En línea] (technology, 2012)
- **5.3.3.4.2 Software para la adquisición de datos.** Es de vital importancia determinar un software o programa que permita no solo la conectividad con el sistema, también es fundamenta la flexibilidad que este tiene a la hora de recibir la información permitiendo la visualización y manipulación de los datos para generar indicadores y facilitar la toma de decisiones. (technology, 2012)

Por tal motivo es relevante en el presente proyecto describir las herramientas que tienen fácil conectividad con el sistema de adquisición de datos y que facilita el manejo de la información.

En los sistemas de adquisición de datos modernos DAQ (Data Acquisition system), es el software quien controla y administra los recursos del computador, presenta los datos y participa en el análisis. Es una parte esencial que requiere de especial cuidado. Para los sistemas DAQ se necesita de un software, que sea flexible para futuros cambios, y preferiblemente que sea de fácil manejo, siendo los más poderoso e ilustrativo posible. (technology, 2012)

Algunos de los programas y lenguajes de programación empleados para este fin son: LabVIEW, MATLAB®, ARDUINO, C++ y Microsoft Excel.

- **5.3.3.4.2.1 Labview.** (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) [6]. LabVIEW es un entorno de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de medida y presentaciones de datos. LabVIEW le da la flexibilidad de un potente ambiente de programación, pero mucho más sencillo que los entornos tradicionales. (technology, 2012)

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman instrumentos virtuales, o VIS, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no solo al control de todo tipo de electrónica (instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida, comunicaciones, matemáticas.

- **5.3.3.4.2.2 Matlab.** (MATrix LABoratory) [6]. Es una herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M) y servicio de especie. Está disponible para plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux. El software se presta para manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware, además de tener dos herramientas como Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario – GUI). (technology, 2012)

En los últimos años ha sido un software muy utilizado en las universidades y centros de investigación y desarrollo y ha venido aumentando el número de prestaciones como la de programar directamente procesadores digitales de señal o crear código VHDL.

- **5.3.3.4.2.3 Arduino.** Es una plataforma que programa mediante el uso de un lenguaje propio basado en el lenguaje de programación de alto nivel Processing. Sin embargo es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en arduino, debido a que arduino usa la transmisión serial de datos soportada por la mayoría de los lenguajes de programación. (technology, 2012)

5.3.3.4.2.4 Lenguaje C++. Es un lenguaje de propósito general desarrollado en los laboratorios bell en 1972. Sus creadores son Dennis Ritchie y Ken Thompson, surge para cubrir las carencias de lenguaje b desarrollado en 1967 por Martin Richards, el lenguaje tenía un manejo muy débil. C entonces incorpora algunas ideas de B pero hace más fuerte el control de tipos le agrega definiciones de estructura y algunos operadores extra entre otras. (Areatecnologica, 2016)

Posteriormente se añadieron facilidades de programación genérica, que se sumó a los otros dos paradigmas que ya estaban admitidos (programación estructurada y la programación orientada a objetos). Por esto se suele decir que el C++ es un lenguaje de programación multiparadigma, actualmente existe un estándar, denominado ISO C++, al que se han adherido la mayoría de los fabricantes de compiladores más modernos. Existen también algunos intérpretes, tales como ROOT. (Areatecnologica, 2016)

Una particularidad del C++ es la posibilidad de redefinir los operadores, y de poder crear nuevos tipos que se comporten como tipos fundamentales. El nombre C++ fue propuesto por Rick Mascitti en el año 1983, cuando el lenguaje fue utilizado por primera vez fuera de un laboratorio científico. Antes se había usado el nombre "C con clases". En C++, la expresión "C++" significa "incremento de C" y se refiere a que C++ es una extensión de C. (Areatecnologica, 2016)

5.3.3.4.2.5 Microsoft Excel. Excel es un programa informático desarrollado y distribuido por Microsoft Corp. Se trata de un software que permite realizar tareas contables y financieras gracias a sus aplicaciones para crear y trabajar con hojas de cálculo, Excel La primera incursión de Microsoft con las hojas de cálculo (que permiten manipular datos numéricos en tablas formadas por la unión de filas y columnas) tuvo lugar en 1982, con la presentación de Multiplan. Tres años más tarde llegaría la primera versión de Excel. (Perez, 2012)

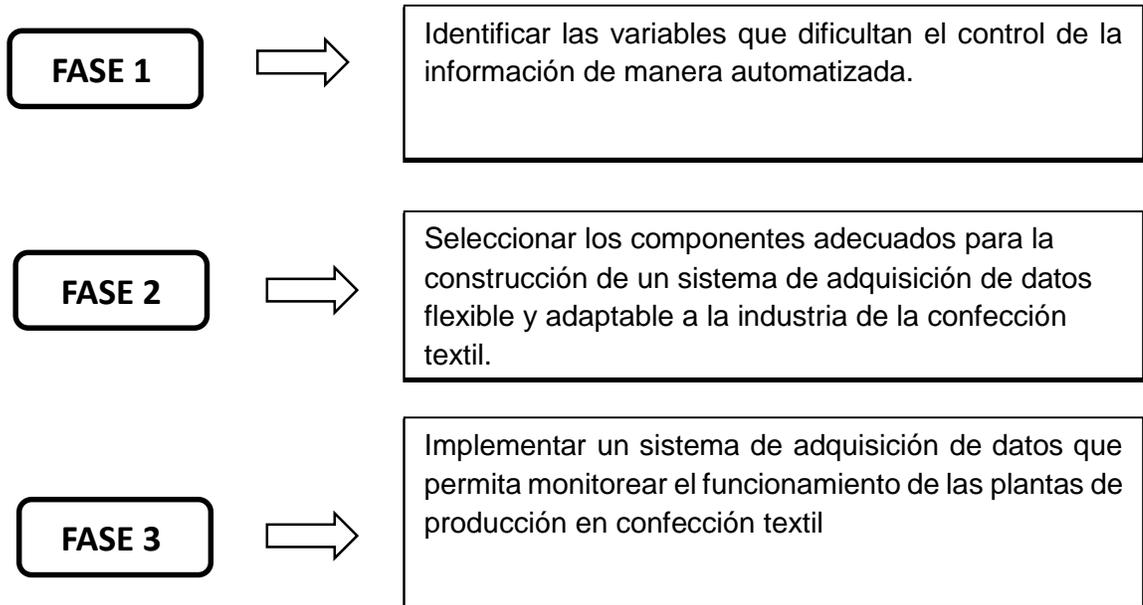
Microsoft presentó en 1989 su primera versión de Office, una suite ofimática (conjunto de programas que son útiles en las tareas de oficina) que incluyó a Excel, Word (un procesador de textos) y PowerPoint (para la creación de diapositivas. (Perez, 2012)

Cabe destacar que Excel es un programa comercial: hay que pagar una licencia para poder instalarlo. Existen otras opciones de código abierto que pueden instalarse o ejecutarse sin cargo para manejar hojas de cálculo, como OpenOffice.org Calc y Google Docs. La mayoría de estos sistemas son compatibles con los documentos creados en Excel (un documento Excel puede ejecutarse en estos programas) (Perez, 2012)

6. DISEÑO METODOLÓGICO

En la elaboración del proceso se tuvieron en cuenta las siguientes fases:

Figura 11. Fases del proceso de diseño



FASE 1. Identificar los diferentes sistemas productivos utilizados en la confección textil y las variables que dificultan el control de la información.

En esta fase inicial se debe de realizar visitas programadas en diferentes empresas de la confección textil y recopilar información de los diferentes procesos observados dentro de un procedimiento establecido que abarca las siguientes herramientas de la ingeniería industrial.

Por medio de la **hoja de análisis** se hace verificación de cada una de los factores de influencia en el proceso, recopilando los datos que faciliten identificar restricciones por medio de una serie de preguntas que podrán clasificarse en (s)i o (no) según sea el caso como se observa en la tabla 3 (hoja de análisis).

Figura 12. Hoja de análisis

LISTA DE ANALISIS Y VALUACIÓN DE VARIABLES																		
Operación:		Analista:																
Departamento:		Fecha:																
Preguntas	SI	NO	Observaciones	% NO														
MATERIALES																		
1. ¿Se recibe el material con características uniforme y está en buenas condiciones al llegar al operador?	X			33%														
2. ¿Tiene las dimensiones, peso y acabado más adecuado y económico para su mejor utilización?		X																
3. ¿Podría reducirse el número de almacenamientos del material o alguna de las partes del proceso?	X																	
MANEJO DE MATERIALES																		
1. ¿Podría reducirse el número de manipulaciones a que están sometidos los materiales?				0%														
2. ¿Podría acortarse las distancias por recorrer?																		
3. ¿Se reciben, mueven y almacenan los materiales en depósitos adecuados y limpios?																		
4. ¿Hay retraso en la entrega de los materiales a los obreros?																		
HERRAMIENTAS Y OTROS ACCESORIOS																		
1. Las herramientas que se emplean, ¿son las más adecuadas para el trabajo que se realiza?		X		75%														
2. ¿Están todas las herramientas en buenas condiciones de utilización?		X																
3. ¿Se podrían cambiar por otras las herramientas y otros accesorios para disminuir el esfuerzo?	X																	
4. ¿Se utilizan ambas manos en trabajo realmente productivo con el empleo de las herramientas disponibles?		X																
MAQUINARIA montaje																		
1. ¿Podría cada operador montar su propia maquinaria?			no aplica	0%														
2. ¿Podría reducirse el número de montajes adecuando los lotes de producción?			no aplica															
3. ¿Se producen retrasos en la comprobación de las primeras piezas producidas?			no aplica															
OPERACIONES O TRABAJOS																		
1. ¿Puede eliminarse alguna operación?	X			0%														
2. ¿Puede aumentar la alimentación o velocidad de la máquina?			No aplica															
3. ¿Podría subdividirse la operación en otras de dos o más de menor duración?	X																	
4. ¿Podrían combinarse dos o más operaciones en una sola?			No aplica															
5. ¿Podría adelantarse alguna parte de la operación siguiente?			No aplica															
6. ¿Podrían eliminarse o reducirse las interrupciones?	X																	
OPERADORES																		
1. ¿Está el obrero calificado favorablemente tanto mental como físicamente para realizar su trabajo?		X		33%														
2. ¿Se podría eliminar la fatiga innecesaria mediante condiciones o disposiciones del trabajo?	X																	
3. ¿Podría mejorar su trabajo el operador instruyéndolo convenientemente?	X																	
CONDICIONES DE TRABAJO																		
1. ¿Son adecuadas para el trabajo la iluminación, la calefacción y la ventilación?		X		83%														
2. ¿Hay algún riesgo innecesario en el trabajo?		X																
3. ¿Se ha previsto lo conveniente para que el obrero pueda trabajar indistintamente de pie o sentado?		X																
<table border="1"> <tr> <td>1. MATERIALES</td> <td>33%</td> </tr> <tr> <td>2. MANEJO DE MATERIALES</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3. HERRAMIENTAS Y OTROS ACCESORIOS</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>4. MAQUINARÍA montaje</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>5. OPERACIONES O TRABAJOS</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>6. OPERADORES</td> <td>33%</td> </tr> <tr> <td>7. CONDICIONES DE TRABAJO</td> <td>83%</td> </tr> </table>					1. MATERIALES	33%	2. MANEJO DE MATERIALES	0%	3. HERRAMIENTAS Y OTROS ACCESORIOS	75%	4. MAQUINARÍA montaje	0%	5. OPERACIONES O TRABAJOS	0%	6. OPERADORES	33%	7. CONDICIONES DE TRABAJO	83%
1. MATERIALES	33%																	
2. MANEJO DE MATERIALES	0%																	
3. HERRAMIENTAS Y OTROS ACCESORIOS	75%																	
4. MAQUINARÍA montaje	0%																	
5. OPERACIONES O TRABAJOS	0%																	
6. OPERADORES	33%																	
7. CONDICIONES DE TRABAJO	83%																	

Los ítem de mayor % son los más críticos, los que hay que atacar con prioridad y de forma inmediata.

Utilizando el diagrama **causa efecto** se busca identificar las áreas que presentan mayor incidencia de las variables que impiden la sistematización de

la información de manera automática, permitiendo discriminar cada una de las posibles causas o restricciones que se presentan en el proceso.

Figura 13. Diagrama causa efecto)

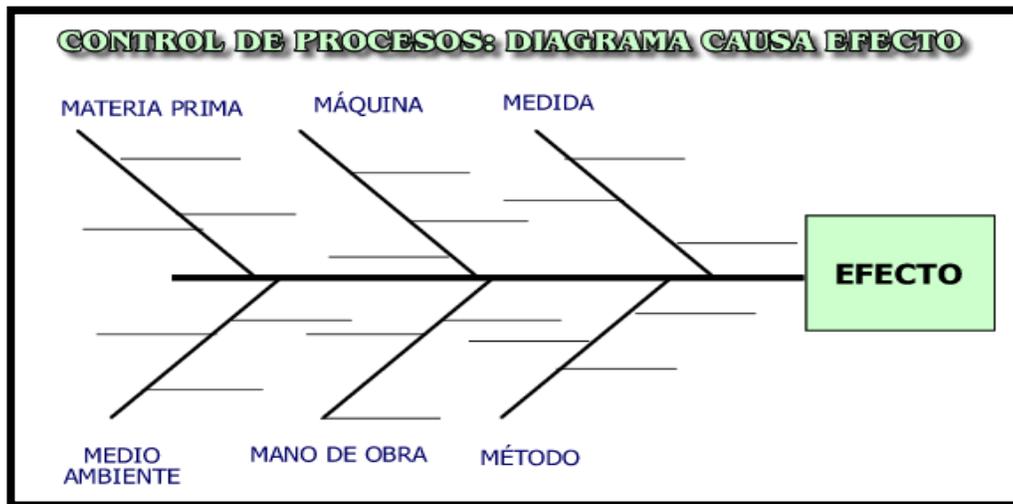
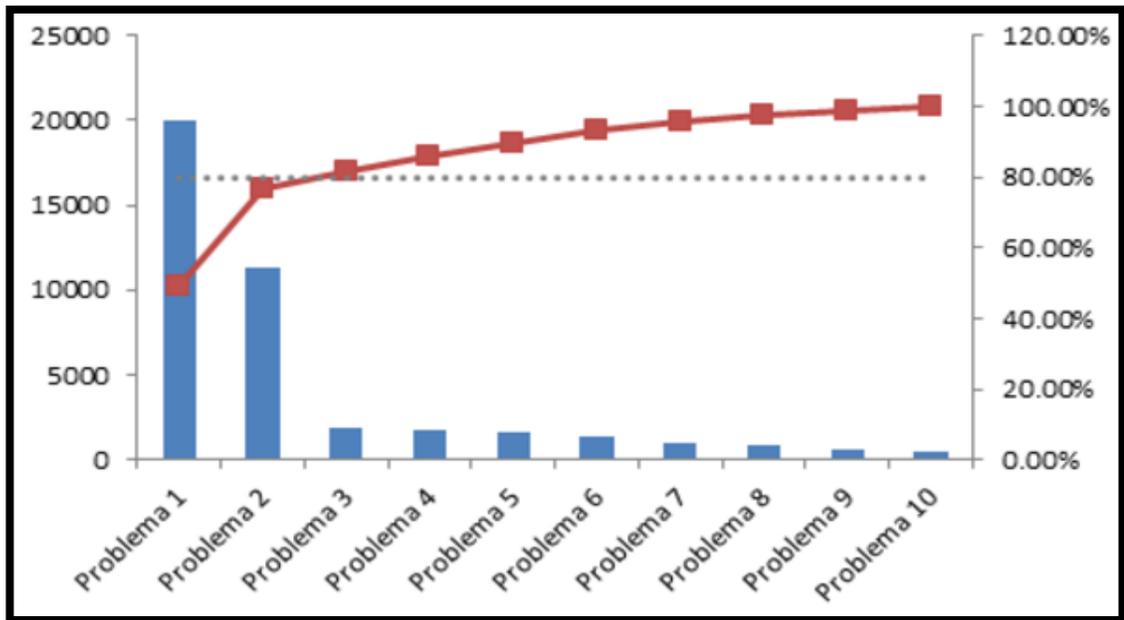


Diagrama de Pareto. Por medio del diagrama de Pareto se podrá identificar las áreas y las variables que causan mayor impacto dentro del proceso, así mismo con las fórmulas que plantea la herramienta OEE se identificarán las variables a controlar dentro del proceso.

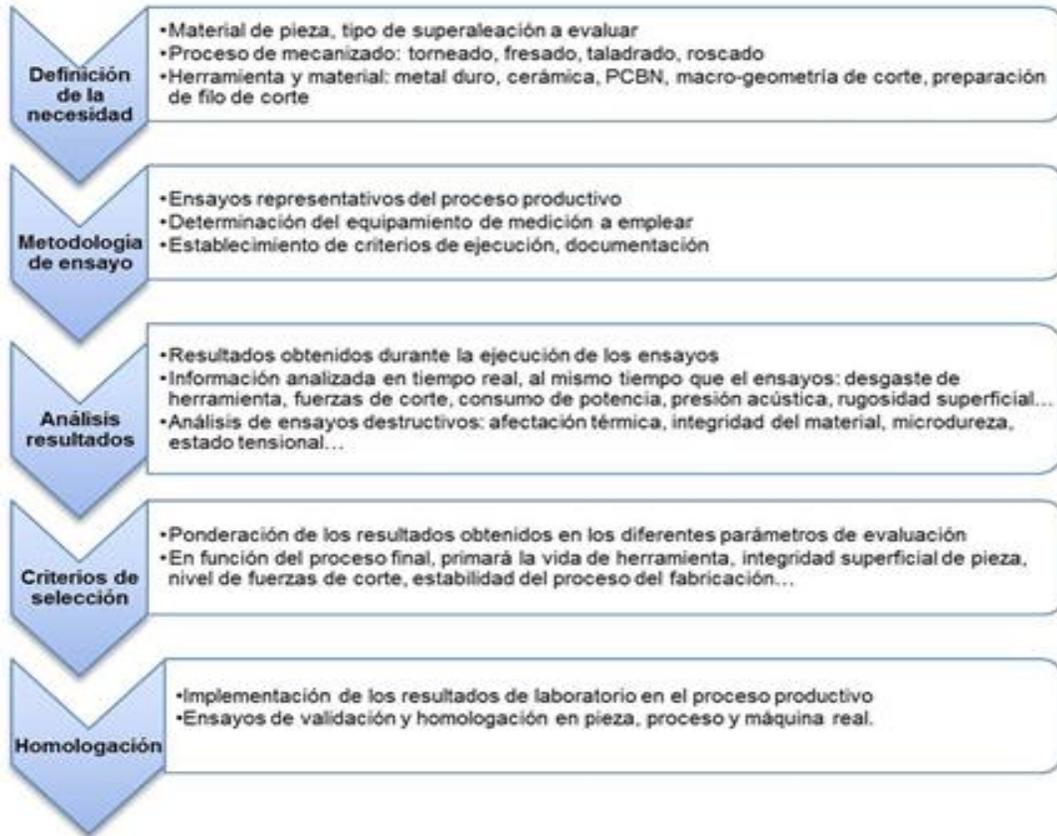
Figura 14. Diagrama de Pareto



FASE 2: Seleccionar los componentes adecuados para la construcción del sistema con las características apropiadas que permitan adaptabilidad al proceso productivo.

En la fase numero dos se utilizaran herramientas que nos permitan realizar una correcta selección de los componentes que van a integrar el sistema tanto de manera general como específicos, por medio de la Matriz de criterios y evaluación se identificaran las necesidades generales del sistema permitiendo tener mas claridad y criterios a la hora de tomar una decisión en la selección de los diferentes componentes.

Figura 15. Matriz de criterios y evaluación



Para realizar una adecuada selección de los diferentes componentes a utilizar en el sistema es necesario que estos cumplan con algunas características necesarias para el buen funcionamiento del sistema, por tal motivo se utilizara un formato de selección de componentes que facilite la toma de decisiones tal y como se observa en la imagen 10 (matriz de selección de componentes) la cual contiene campos con ítems de cualificación como capacidad de trasmisión, adaptabilidad, capacidad de procesamiento de datos y calidad, Facilitando así la toma de decisiones.

Figura 16. Matriz de selección de componentes



Componentes a seleccionar	Capacidad de transmisión de datos	Capacidad de transmisión	Capacidad de procesamiento de datos	Calidad de la información
Componente 1				
Componente 2				
Componente 3				
Componente 4				

Para la selección de la tarjeta de procesamiento y el software a utilizar se debe de utilizar una matriz de selección de componentes con ítems específicos para cada necesidad.

Figura 17. Matriz de selección de tarjeta de adquisición de datos

SELECCIÓN DE TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS				
Componentes a seleccionar	Complejidad en programación	Capacidad de procesamiento	Capacidad de pines	Calidad de la información
Componente 1				
Componente 2				
Componente 3				
Componente 4				

Figura 18. Matriz de selección de software

SELECCIÓN DE SOFTWARE			
Programa	Tipo	Licencia	Limitantes
software 1			

Fase 3 Implementar un sistema de adquisición de datos que permita monitorear el funcionamiento de las plantas de producción en confección textil.

Método. Por medio del cuadro de mando se darán cada una de las especificaciones de uso en cuanto a la digitación de los códigos de acceso a cada una de las variables a programar en el sistema de adquisición de datos.

Figura 19. Cuadro de variables de indicaciones de uso

Accionar	Tecla	Variable	Código
Al oprimir			

Por medio del cuadro de mando se darán cada una de las especificaciones de uso en cuanto a la digitación de los códigos de acceso a cada una de las variables a programar en el sistema de adquisición de datos.

Indicadores (OEE): por medio de esta planilla se pretende obtener todos los datos relacionados con el funcionamiento de la maquinaria; para ello se requiere obtener datos específicos como lo son: Numero de operarios que conforman el área operativa, turno de trabajo (Horas de funcionamiento de la maquina), las revoluciones por minuto de cada tipo de maquina; los minutos promedio de la prenda o producto a fabricar, la capacidad promedio de unidades, y el estándar promedio de operación por máquina.

Figura 20. Menú



De igual forma la cantidad de máquinas, la cantidad de revoluciones por cada tipo de máquina, las revoluciones teóricas por día de cada tipo de máquina, las revoluciones reales generadas por cada tipo de maquina; relacionándose así para generar un % de indicador de eficiencia por revoluciones de cada tipo de máquina, obteniendo estos datos de las revoluciones medidas de cada máquina que nos genera el arduino.

En consecuencia, de todos estos datos se calculará la herramienta del OEE en la cual se miden los indicadores de:

Utilización: Relaciona en porcentaje el tiempo de funcionamiento real de la maquina con el tiempo de carga en minutos.

El Rendimiento: Relaciona el total de prendas fabricadas con el total de prendas teóricas.

La Calidad: Este indicador determina la cantidad de prendas de buena calidad con relación a las prendas torales para evidenciar las prendas que salieron malas.

Dentro de esta plantilla también se analiza:

La marcha de la maquinaria mostrando un indicador de funcionamiento de la maquinaria el cual relaciona las horas de función y las horas paradas de la maquinaria evidenciándolo en %.

Los costos por maquinaria: En la cual se visualiza el precio de las revoluciones por turno de cada tipo de máquina, el dinero por la utilización de la máquina, el dinero aprovechado por la utilización de la maquinaria; teniendo como resultado de la recolección de estos ítem un indicador de eficiencia visualizado en porcentaje de pérdida en dinero por revoluciones de la maquinaria en el turno de trabajo.

Cada uno de estos indicadores e ítem nombrados se hacen por cada tipo de máquina, se relacionan y se cruzan entre todas las máquinas y se saca una relación total de todas las máquinas de la planta de producción.

7. RESULTADOS

7.1 clasificación de variables

Como resultado del análisis realizado durante las visitas programadas a las empresas **DIQUI S.A, BYPOLAR S.A Y CONFECCIONES MARTA MEZA** se logró recopilar la información general de las variables que afectan la fabricación de las prendas y la recolección de los datos de del proceso.

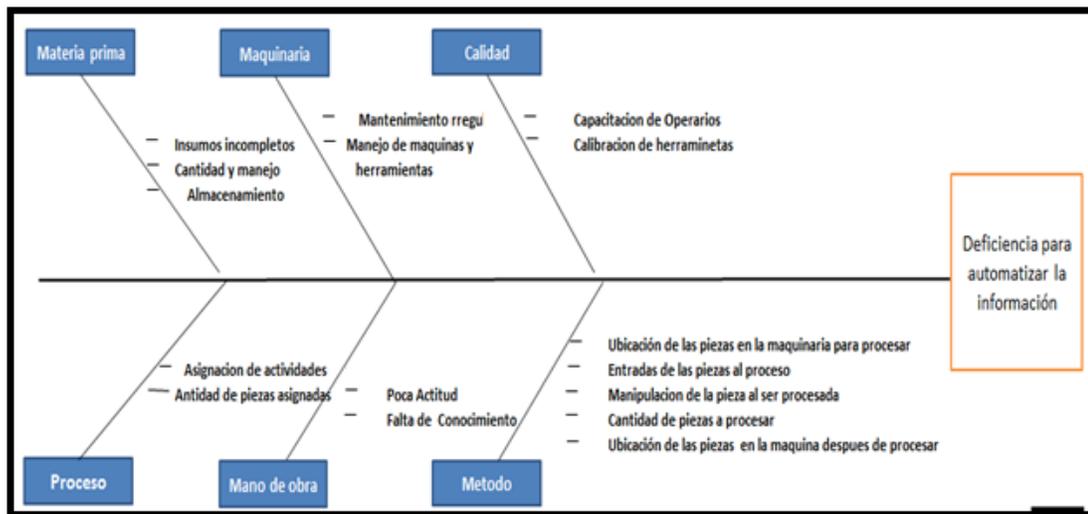
7.1.1 Hoja de análisis de variables. En la hoja de análisis se plantean diferentes interrogantes que nos permiten relacionar las variables que afectan directamente la implementación de un sistema de adquisición de datos, logrando identificar como uno de los puntos críticos el **método** establecido ya que en este aspecto se presenta la mayoría de las restricciones o variables que dificultan la automatización de la información.

Tabla 2. resultados de hoja de análisis

MATERIA PRIMA			
	si	no	
1. ¿Se recibe el material con característica inadecuadas y esta en buenas condiciones al llegar al operador?		x	43%
2. presentan condiciones y acabados no adecuados para su mejor utilizacion?		x	
3. ¿podria reducirse el numero de almacenamientos del material o algunas de las partes del proceso?	x		
4. ¿podria reducirse el numero de manipulaciones a que estan sometidos los materiales?	x		
5. ¿Podria acortarse la distancia por recorrer?	x		
6. ¿Se reciben, mueven y almacenan los materiales en lugares adecuados y limpios?		x	
7. ¿Hay retraso en la entrega de materiales a los colaboradores?		x	
MAQUINARIA			
1. Las herramientas que se emplean ¿no son las mas adecuadas para el trabajo que se realiza?		x	67%
2. ¿Estan todas las herramientas en buenas condiciones de utilizacion?		x	
3. ¿Se podrian cambiar por otras para disminuir el esfuerzo?	x		
4. ¿Podria cada colaborador montar su propia maquinaria?		x	
5. ¿Podria reducirse el numero de montaje adecuando los lotes de produccion?	x		
6. ¿Se producen retrasos en los ensayos y adaptaciones de las primeras piezas producidas?	x		
METODO			
1. ¿Puede eliminarse alguna operacion?	x		100%
2. ¿Puede aumentar la velocidad de la maquina?	x		
3. ¿Podria subdividirse la operación en dos o en otras de menor duracion?	x		
4. ¿Podrian combinarse dos o mas operaciones en una sola?	x		
5. ¿Se podrian ubicar mejor las piezas a procesar?	x		
5. ¿Se podrian ubicar mejor las piezas a procesar?	x		
6. Podria adelantarse parte de la operación siguiente?	x		
7. ¿Podrian eliminarse o reducirse las interrupciones?	x		
MANO DE OBRA			
1. ¿Esta el operario no calificado favorablemente tanto mental como fisicamente para realizar su trabajo?		x	66%
2. ¿Se podria eliminar la fatiga innecesaria mediante condiciones o disposiciones del trabajo?	x		
3. ¿Podria mejorar su trabajo el operario ,instruyendolo convenientemente?	x		
PROCESO			
1. ¿ no son secuenciales las operaciones del proceso?	x		50%
2. ¿Hay algun riesgo innecesario en el trabajo?		x	
3. ¿Hay inconvenientes para que el operario pueda trabajar instintivamente de pie o sentado?		x	
4. ¿se encuentran estandarizadas las oepareciones en periodos de tiempo?	x		

7.1.2 Diagrama causa efecto. por medio del diagrama causa efecto se hace clasificación de las áreas de más influencia dentro del proceso y al realizar un barrido de la variables que inciden dentro de cada área o aspecto del diagrama se identifican restricciones en cada una de ellas tal y como se observa en el grafico anterior, lo que permite identificar el método como el área o aspecto que presenta mayor dificultad a la hora de automatizar la información del proceso.

Figura 21. Identificación de restricciones



Por medio del diagrama causa efecto se identificaron las principales restricciones generadas en diferentes aspectos y áreas del procesos de confección textil tales como **materia prima, maquina, calidad, proceso, mano de obra, y método**, lo que permite obtener una visión general de todo el proceso facilitando la siguiente fase de clasificación.

Tabla 3. Variables identificadas en el proceso

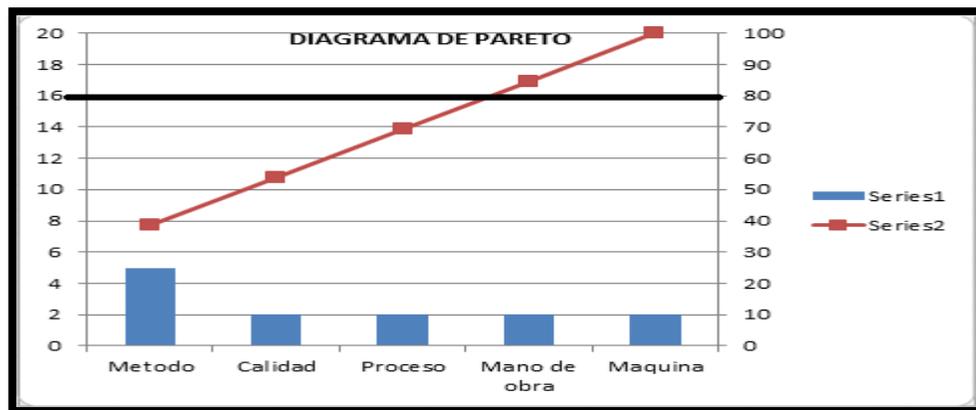
Deficiencia para automatizar la información del proceso			
Áreas	Variables	Cantidad de variables	%
Materia prima	Insumos incompletos	1	18,7%
	Manejo	2	
	Almacenamiento	3	

Maquina	Mantenimiento irregular	4	12,5%
	Manejo de máquinas y herramientas	5	
Calidad	Capacitación de operarios	6	12,5%
	Calibración de herramientas	7	
Proceso	Asignación de actividades	8	12,5%
	Cantidad de piezas producidas	9	
Mano de obra	Poca actitud	10	12,5%
	Falta de conocimiento	11	
Método	Ubicación de las piezas para procesar	12	31,3%
	Entrada de las piezas al proceso	13	
	Manipulación de las piezas al ser procesadas	14	
	Calidad de piezas procesadas	15	
	Ubicación de las piezas en las maquinas después de procesar	16	

7.1.3 Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto permitió identificar el método como la restricción trivial que presentan la mayoría de las variables y por ende mayor dificultades a la hora de automatizar el proceso de recolección de la información del proceso de producción, permitiendo de este modo replantear el método utilizado.

Figura 22. Gráficos de resultados

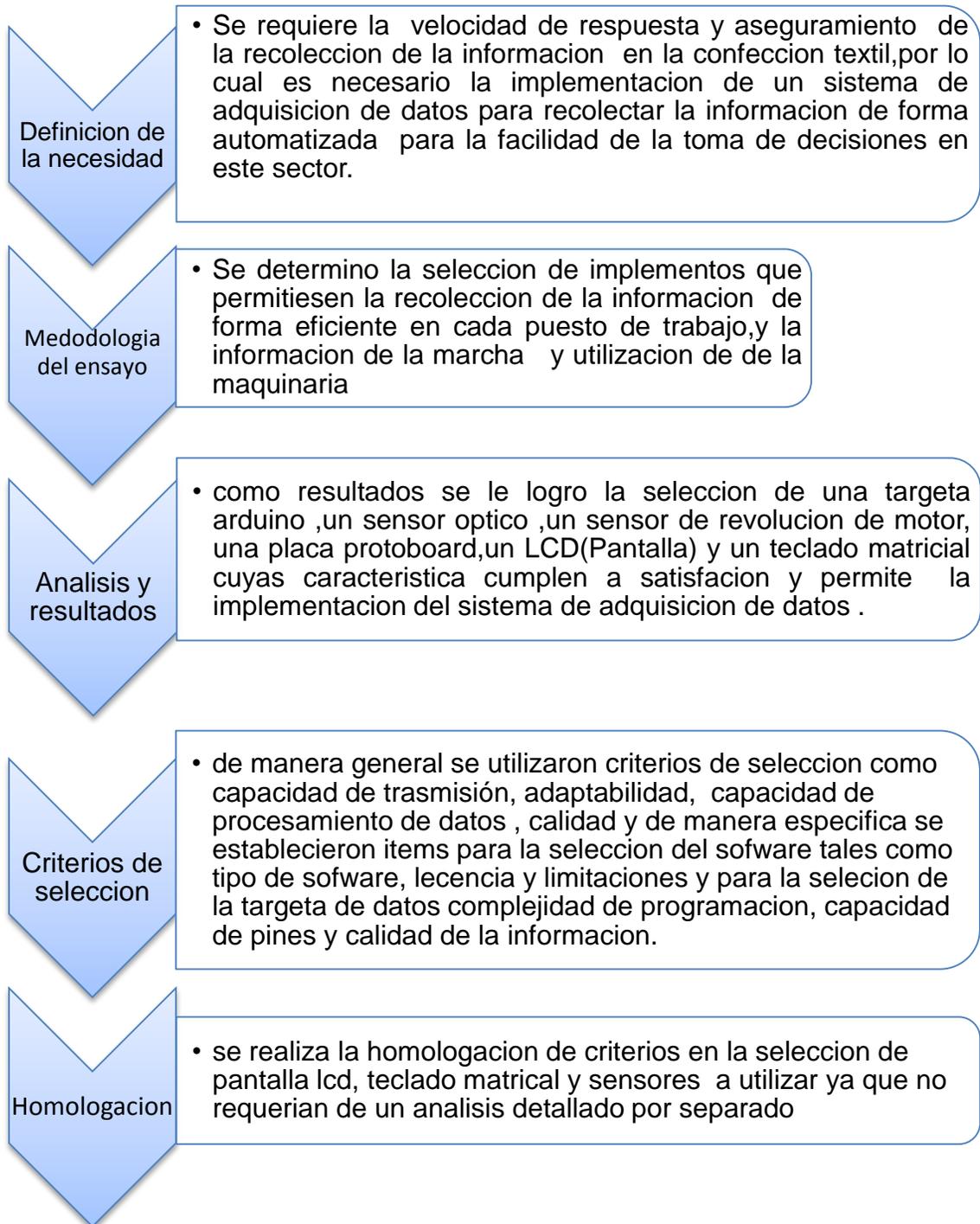


Como observamos en el grafico anterior el (**método**) marca la restricción dentro de las áreas evaluadas lo que infiere prestar mayor atención a las variables que se presentan dentro de este ítem, ya que arrojó un 100% de incumplimiento con las preguntas planteadas en la hoja de análisis para la identificación de las variables de difícil control y un 31,3 % de participación en las variables que dificultan la sistematización automática de la información en el proceso productivo.

7.2 SELECCIÓN DE COMPONENTES

7.2.1 Matriz de criterios y evaluación. Por medio de la matriz de criterios y evaluación se identifican las necesidades existentes y de esta manera se establecen los parámetros generales de selección de componentes que permitirán contemplar tener en cuenta características esenciales a la hora de seleccionar los componentes y de esta manera garantizar el buen funcionamiento del sistema.

Tabla 4. Matriz de criterios de evaluación

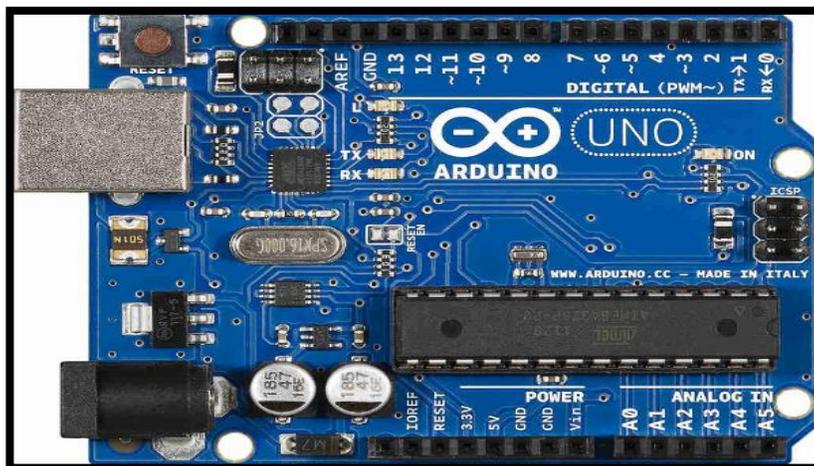


7.2.1.1 Selección de tarjeta de adquisición de datos. Dentro de las tarjetas de adquisición de datos investigadas encontramos que la tarjeta arduino uno es una tarjeta de fácil manejo y programación, que brinda la posibilidad de configurar diferentes entradas y salidas a través de su plataforma de programación arduino 5, además de que cumple con todas las necesidades existentes en cuanto a la programación y funcionalidad del sistema, otra variable de decisión a la hora de elegir el sistema arduino para el presente proyecto es su bajo costo lo cual permite acceder a este fácilmente y realizar pruebas que permitan ajustar su funcionamiento óptimo.

Tabla 5. Selección de tarjeta de adquisición de datos

SELECCIÓN DE TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS				
Componentes a seleccionar	Complejidad en programación	Capacidad de procesamiento	Capacidad de pines	Calidad de la información
Arduino 1	Practico	Buena	16	Buena
Ni MyDAQ	Moderado	Buena	65	Buena
Arduino mega	Practico	Buena	53	Buena

Figura 23. Arduino uno



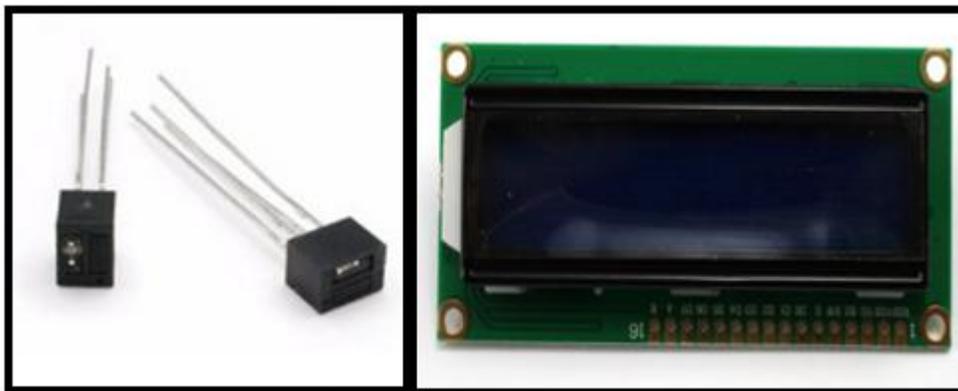
(technology, 2012)

7.2.1.2 Selección de componentes adicionales. Luego de chequear características de funcionamiento y adaptabilidad como la capacidad de transmisión, adaptabilidad, capacidad de procesamiento de datos, calidad de la información, de los diferentes componentes por medio de la matriz de criterios de selección fueron seleccionados los diferentes componentes que integran el sistema de recolección de datos, utilizando un total de dos sensores infrarrojos, dos resistencias, un teclado matricial, una pantalla lcd y una placa protoboard para realizar las diferentes conexiones que requiere el circuito para el buen funcionamiento del sistema, Además del fácil manejo demostraron ser muy amigables con la programación de la tarjeta arduino

Tabla 6. Selección de componentes

SELECCIÓN DE COMPONENTES ADICIONALES				
Componentes a seleccionar	Capacidad de transmisión de datos	Adaptabilidad	Capacidad de procesamiento de datos	Calidad de la información
Protoboard	Si	Si	Si	Si
Lcd 2 x 16	Si	Si	Si	Si
Teclado matricial de 16 teclas	Si	Si	Si	Si
Sensores infrarrojos	Si	Si	Si	Si

Figura 24. Componentes adicionales



(technology, 2012)

7.2.1.3 Selección de software. Bajo los criterios encontrados en la Tabla 6, se determinó seleccionar el software **ARDUINO UNO** para la programación del sistema, **PLX-DAQ** para realizar la exportación de los datos desde arduino a Excel y la aplicación Microsoft office **Microsoft Excel** para la generación de indicadores y manejo de los datos ya que se tiene mayor conocimiento sobre su uso, además se cuenta con un entorno agradable de manejo y formulación que permite la fácil manipulación de la información.

Tabla 7. Matriz de selección de software

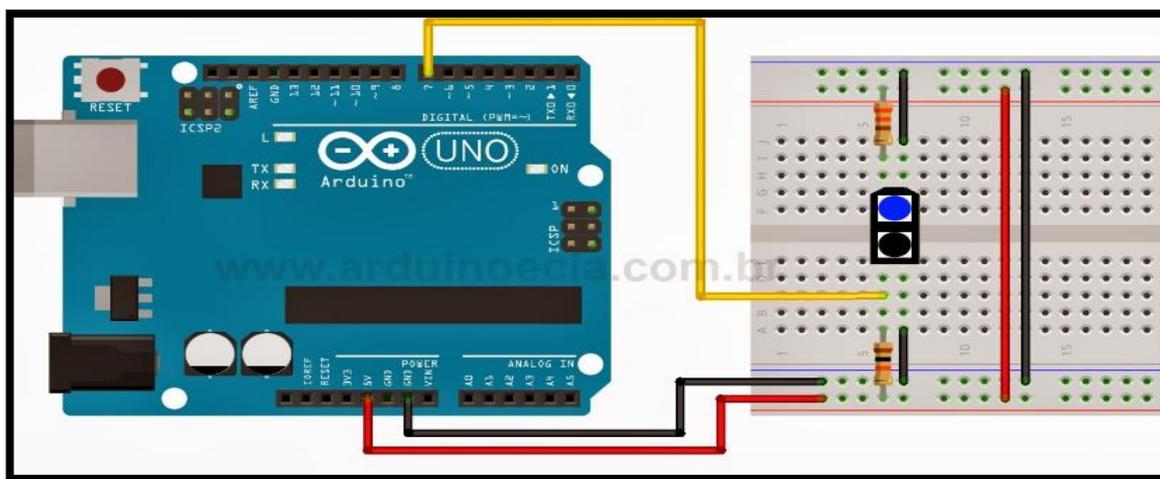
Programa	Aplicación	Licencia	Limitantes
LabVIEW	Programación	Disponible	Ninguna
MATLAB®	Programación	Disponible	Bajo conocimiento
Arduino uno	Programación	Libre uso	Ninguna
C++	Programación	Libre uso	Ninguna
Pyton	Programación	Disponible	Bajo conocimiento
Microsoft Excel	Formulación	Libre uso	Ninguna
PLX-DAQ	Exportación	Libre uso	Ninguna

8. ENSAMBLE

8.1 Ensamble de tarjeta arduino a protoboard. Luego de seleccionar los elementos se realiza la adaptación del cableado de las conexiones 5 voltios y tierra desde la tarjeta arduino hasta las entradas de la protoboard utilizando como intermediario entre las conexiones dos cables macho macho además se deben conectar dos resistencias de 330, 10k y un potenciómetro para regular la resolución de la pantalla tal como se observa en la imagen a continuación.

El siguiente paso es adaptar cada uno de los pines del teclado en las conexiones indicadas para la tarjeta arduino, se deben de realizar sus respectivas conexiones por medio de cables macho macho.

Figura 25. Adaptación de arduino, resistencia y placa Protoboard

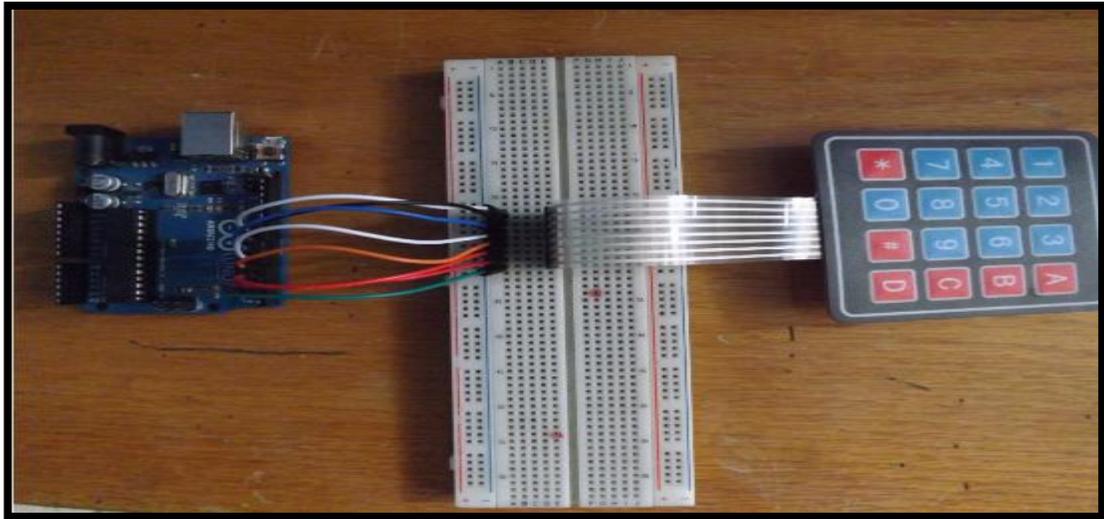


(technology, 2012)

8.2 Ensamble del teclado matricial. Las primeras 4 líneas del teclado matricial que corresponden a las filas las conectamos del pin9 al pin6 del arduino respectivamente, las 4 líneas restantes del teclado matricial que corresponden a las columnas las conectamos del pin5 al pin2 respectivamente. Los pines 0 y 1 del arduino que corresponden al puerto

serial, los dejamos libres para poder visualizar en la terminal el carácter que corresponde a cada botón presionado.

Figura 26. Conexión del teclado



8.3 Ensamble pantalla lcd. Después de adaptar el teclado matricial procedemos a instalar la pantalla lcd, para esto se soldaron previamente cada uno de los pines asegurando que quedaran fijos, ya que de lo contrario se podría quemar la pantalla.

Una vez listo, se pincha el display en la protoboard, dejando sitio para el resto de componentes y cables que se pueden adicionar luego, se deben de conectar cada uno de pines de datos y control.. Solo usaremos dos pines de control, RS y EN y los 4 pines de datos D7, D6, D5, y D4 .

Figura 27. Conexión de la lcd

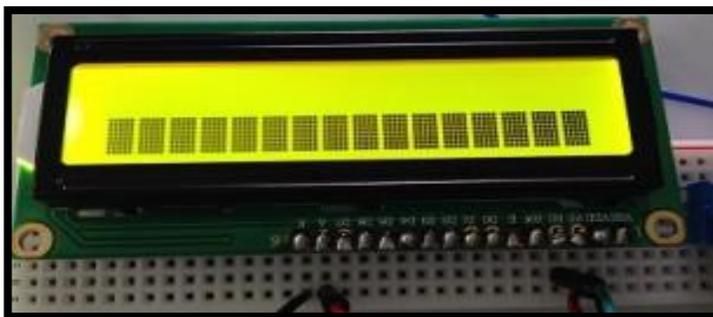
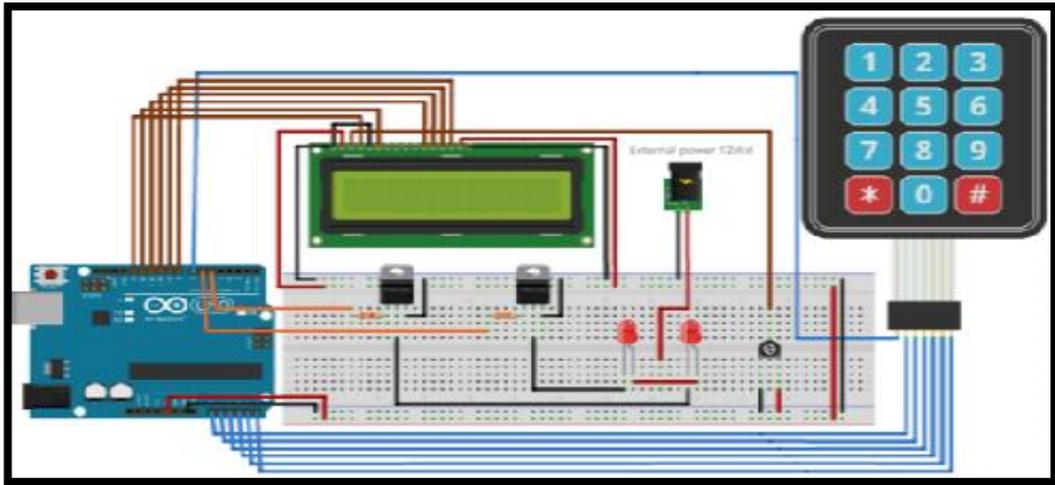


Figura 28. Construcción del sistema



(technology, 2012)

9. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA

Una vez terminada la construcción física del sistema se debe de realizar la conexión del hardware de adquisición de datos al computador por medio de un cable estándar USB, la programación del sistema se realiza por medio de la plataforma (arduino uno) diseñada para la programación específica de placa arduino.

Para establecer el funcionamiento de cada uno de los componentes se utilizaron códigos preestablecidos que ofrece el software de programación arduino uno en sus librerías y que se adaptan a cada uno de los componentes a utilizar, lo que permite poner el sistema en un modo funcional y facilita la programación de las variables de producción con los códigos de acceso que deberán ser digitados por el operario en planta.

La programación contiene los códigos que permiten la lectura de los dos sensores ópticos, los cuales se utilizaran para medir las revoluciones del motor las máquinas de confección y para contar las unidades producidas por los operarios.

La programación del teclado matricial y de la lcd se realiza por medio del ingreso de códigos encontrados en las librerías **Keypad.h** y **LiquidCrystal** de arduino uno, las cuales configuran el funcionamiento inicial del teclado matricial y la pantalla lcd y de esta manera proceder a establecer cada una de las variables que se desean visualizar en la pantalla y que serán manipular por medio del teclado con sus respectivos códigos de acceso, permitiendo así la digitación y visualización de las diferentes variables a utilizar en el sistema.

El menú del sistema se programó de manera que las letras del teclado matricial (A, B, C, D) se encontraran ligadas a las diferentes variables programadas en la lcd ((operario, maquina, referencia y actividad)), de manera que al accionar cada letra se llame automáticamente una variable, donde se deberá de digitar el código de acceso que permite clasificar los datos y poder generar los diferentes indicadores.

Figura 29. Código de programación arduino uno

```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
codigo_arduino_excel_pxl-dq
Password codigoRef = Password( "7891" ); //Definimos nuestro Password
Password codigoAct = Password( "5420" ); //Definimos nuestro Password

const byte ROWS = 4; // Cuatro Filas
const byte COLS = 4; // Cuatro Columnas

// Definimos el Keypad
char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'7','8','9','C'},
  {'*','0','#','D'}
};

byte rowPins[ROWS] = { 0,A2,6,7 };// Conectar los keypads ROW1, ROW2, ROW3 y ROW4 a esos Pines de Arduino.
byte colPins[COLS] = { 8,9,10,13, };// Conectar los keypads COL1, COL2, COL3 y COL4 a esos Pines de Arduino.

// Creamos el Keypad
Keypad keypad = Keypad( makeKeypad(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );
//variables para almacenar datos.
int cont=0;
int rev=0;
volatile int contador = 0; // Variable entera que se almacena en la RAM del Micro
//sensor infrarrojo unidades y revoluciones
int pinSensor=A0;
int romaUnidades=
```

Al final queda solo un código general con la programación de los sensores, teclado, pantalla lcd y menú. Donde se programan todos los parámetros de funcionamiento y clasificación de la información de manera automatizada, en la **figura 20** se observa el código de funcionamiento con la programación del teclado matricial, la pantalla lcd, sensor de revoluciones, sensor de unidades y las variables de producción.

10. EXPORTACIÓN DE LOS DATOS A EXCEL

Todos los datos de las lecturas realizadas son procesados por la tarjeta arduino y pueden ser visualizados por la plataforma de programación arduino uno.

Para exportar los datos de las lecturas realizadas por el sensor de unidades producidas y el sensor de revoluciones se utilizó el software PLX-DAQ, el cual cumple la función de intermediario entre arduino uno y Excel, permitiendo exportar los datos de las lecturas en una hoja de cálculo en tiempo real y de esta manera alimentar las plantillas diseñadas para generar los indicadores propuestos por la herramienta OEE.

Se hace la formulación de la planilla **PLX-DAQ de exportación de datos** con el fin de recibir todos los datos exportados desde arduino donde se encuentra relacionados los campos de **TIEMPO** en el que se realizó la lectura, **UNIDADES** producidas durante un determinado periodo y **RPM** que son las revoluciones generadas durante un rango de tiempo, también se encuentra relacionado el campo de **TECLADO** que nos permite visualizar el ingreso de las variables y de los códigos para iniciar la toma de los datos.

Figura 30. PLX-DAQ Exportación de datos

The screenshot displays the PLX-DAQ software interface. On the left, a table shows real-time data acquisition for Excel. The table has four columns: TIEMPO, UNIDADES, RPM, and TECLADO. The data rows show a sequence of timestamps from 20:43:39 to 20:43:52, with UNIDADES and RPM values mostly at 0.0 and 0, and TECLADO values ranging from A to 4. A green 'Menu' button is visible above the table. To the right of the table is a 'DATOS GENERALES' summary table with columns: Total unid (507,0), total rpm (177000), H.inic (20:43:39), and H final (21:49:15). In the bottom right corner, there is a 'Data Acquisition for Excel' control window. This window includes a 'Settings' section with 'Port' set to 3 and 'Baud' set to 9600. It has 'Connect' and 'Reset on Connect' buttons. The 'Control' section includes checkboxes for 'Download Data', 'Clear Stored Data', 'User1', and 'User2', along with 'Reset Timer' and 'Clear Columns' buttons. At the bottom of the control window, there is a 'Controller Messages' area showing 'PLX-DAQ Status' and three status indicator lights (red, green, green).

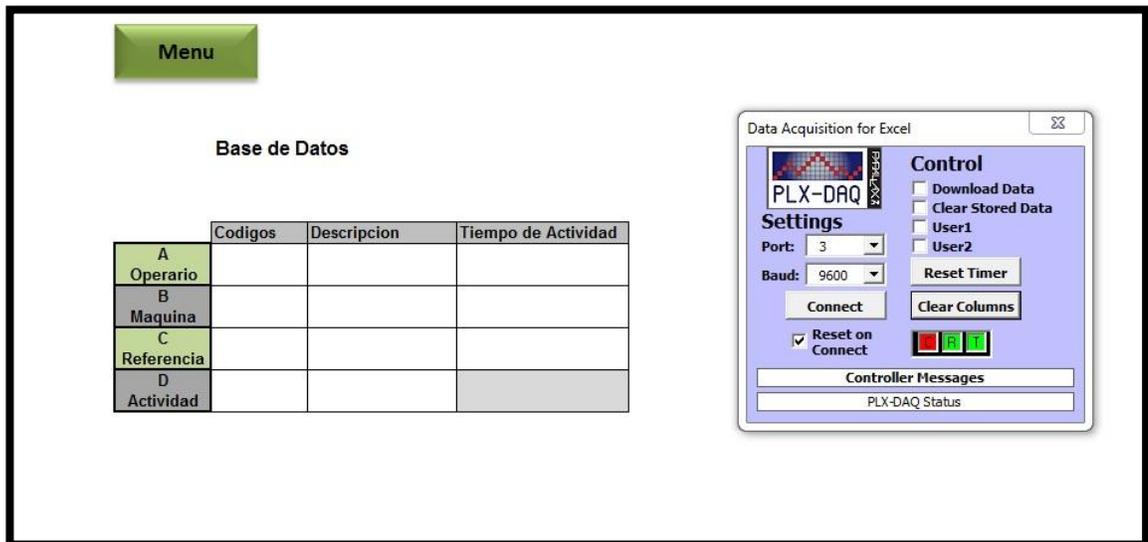
TIEMPO	UNIDADES	RPM	TECLADO
20:43:39	0,0	0	A
20:43:41	0,0	0	A
20:43:42	0,0	0	A
20:43:42	0,0	0	A
20:43:43	0,0	0	A
20:43:43	0,0	0	A
20:43:44	0,0	0	A
20:43:44	0,0	0	1
20:43:44	0,0	0	1
20:43:45	0,0	0	1
20:43:45	0,0	0	1
20:43:45	0,0	0	1
20:43:46	0,0	0	1
20:43:46	0,0	0	2
20:43:46	0,0	0	2
20:43:47	0,0	0	2
20:43:47	0,0	0	2
20:43:48	0,0	0	3
20:43:48	0,0	0	3
20:43:48	0,0	0	3
20:43:49	0,0	0	3
20:43:49	0,0	0	3
20:43:49	0,0	0	3
20:43:50	0,0	0	3
20:43:50	0,0	0	3
20:43:50	0,0	0	3
20:43:51	0,0	0	4
20:43:51	0,0	0	4
20:43:51	0,0	0	4
20:43:52	0,0	0	4

DATOS GENERALES			
Total unid	total rpm	H.inic	H final
507,0	177000	20:43:39	21:49:15

Esta plantilla sirve como enlace directo de las lecturas tomadas por la placa de arduino en las máquina, está conformada por el tiempo en que se hacer

cada lectura tanto de las unidades como de las revoluciones del motor y la variable que se digitan en el teclado permitiendo visualizar el código de la máquina, el operario, la referencia y la actividad que se ejecuta, también se observan los datos generales que nos arroja como lo son el total de unidades el total de las revoluciones de la máquina, la hora inicial y final y el tiempo perdido

Figura 31. Plantilla base de datos

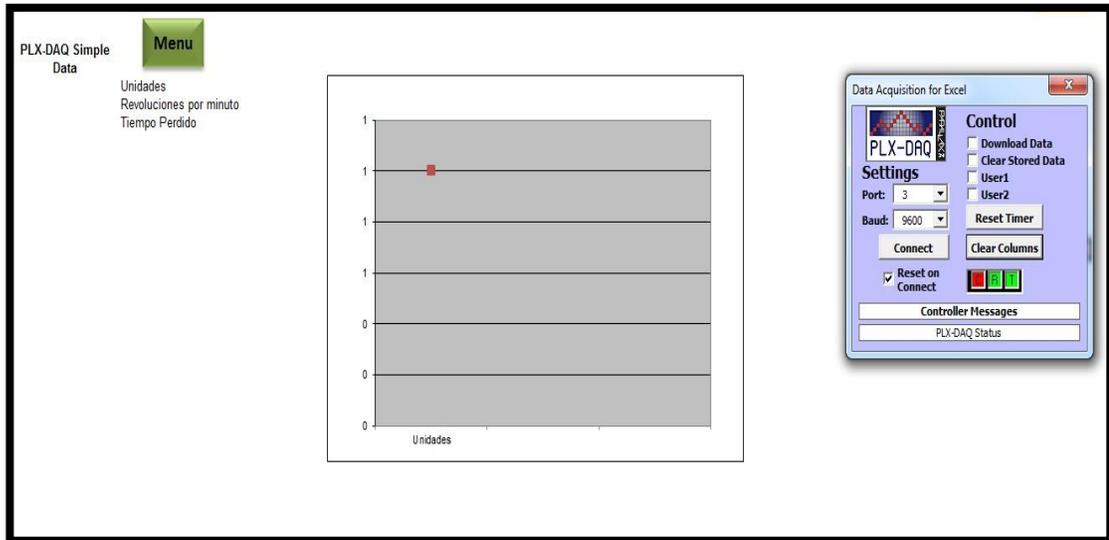


La planilla de base de datos Está relacionada directamente con los datos generados por el arduino los cuales nos alimenta la planilla de los indicadores de producción contiene las variables más relevantes de producción con su respectivo código y nombre, las cuales son digitadas en el teclado que va con el arduino.

Sujeto a esto también nos permite visualizar la descripción da las variables y el tiempo de la actividad

Figura 32. Plantilla hoja base

Figura 34. Gráficos de unidades producidas y revoluciones por maquina



En esta plantilla visualizamos las gráficas de las unidades, revoluciones por minuto y el tiempo perdido; en tiempo real, directamente desde la lectura del arduino. Esta viene directamente con la plantilla lectora de arduino PLX-DAQ

11. DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES

Los resultados arrojados por la hoja de análisis con las condiciones más representativas que dificultan la implementación del sistema de adquisición de datos así como los triviales en el diagrama de Pareto y las restricciones representadas en el diagrama causa efecto, permite abarcar una visión más amplia sobre una problemática que encuentra solución en el control de la maquinaria y de la adecuación y dirección del factor humano.

Por lo cual se define analizar y medir el factor de funcionamiento de la maquinaria de manera automatizada y en tiempo real por medio del sistema de adquisición de datos y la utilizando un conjunto de indicadores que se obtiene por medio de la herramienta de ingeniería industrial OEE, la cual está conformado por una utilización, rendimiento y calidad de la maquinaria y permite calcular una eficiencia de marcha de la maquinaria y una eficiencia en costos de la misma.

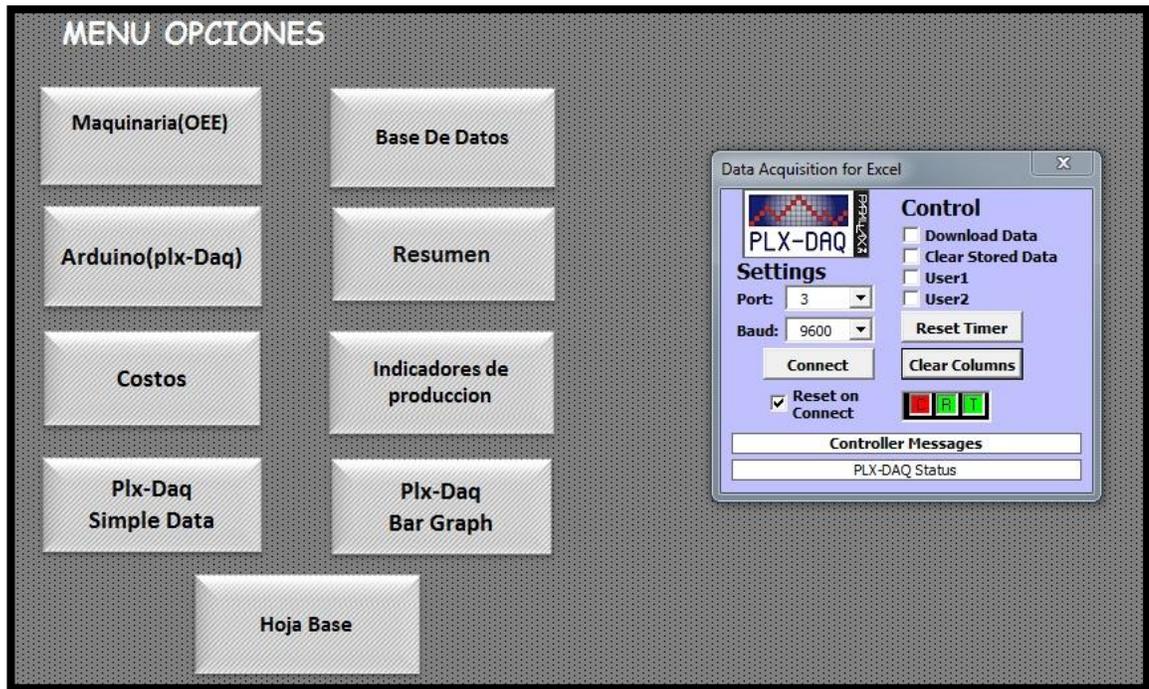
Con relación al factor humano se definió manejar los indicadores de la producción; como lo son la eficiencia para identificar los minutos perdidos durante el turno de trabajo; el rendimiento para visualizar la velocidad de respuesta de la mano de obra en la transformación del producto y productividad para identificar el resultado de la planta con relación a la eficiencia del tiempo aprovechado y el rendimiento de la mano de obra, y un total de minutos facturados en el turno.

Estos indicadores se establecieron para tener una claridad y eficiencia de la marcha y aprovechamiento de la maquinaria y Factor humano.

11.1 Plantillas utilizadas y Cálculo de indicadores. Adecuando el cálculo del OEE a la industria de la confección textil este se calcula con un enlace directo con las lecturas en tiempo real de las revoluciones de la máquina transferidos por un sensor óptico lector de revoluciones conectados al arduino uno suministrados por el software plx-dq que está en una hoja de Excel; el cual se ejecutará cuando se actualice el programa; si se desea en un lapso de tiempo o por medio de observaciones continuas a medida que la máquina este en marcha; este se calcula teniendo en cuenta la utilización de la maquinaria en el cual relacionamos el funcionamiento de la máquina con el

tiempo que está en carga. En el cual se obtiene porcentaje de utilización de la maquinaria. Para esto se utilizó la plantilla del total del OEE.

Figura 35. Menú de Opciones



11.1.2 Menú. Se diseñó una macro en Excel a la cual se exportar los diferentes datos a diferentes plantillas permitiendo así generar indicadores de producción en tiempo real sin necesidad de realizar digitación de datos ya que estos son tomados y exportados automáticamente tal y como se explica en los capítulos anteriores.

Además, se diseñó un menú que permite el fácil acceso y rápida visualización de cada una de las plantillas con los diferentes indicadores que informan el comportamiento en tiempo real del proceso productivo, permitiendo así control y velocidad de respuesta sobre el proceso.

Figura 36. Datos del producto

Menu					
codigo	OPERACIONES	sam	Ref	maq	
3	ESPALDA				
12345	unir falso	0,11		12345	12345
2	unir cortes traseros(x2)fil	0,46			
3	asentar cortes traseros en 2ag	0,3			
4	unir cortes traseros en c.c	0,3			
5	unir almilla trasera en c.c	0,3			
6	pegar almilla trasera(sacando)fil	0,3			
7	asentar almilla en 2ag	0,2			
8	entalegar amilla trasera piq(pl)	0,6			
9	asentar almilla 1/4	0,25			
10	asentar almilla 1/16	0,32			
11	3er pesp de almilla trasera	0,28			
12	asentar almilla 1/16	0,32			
13	3er pesp de almilla	0,28			
14	entalegar almill de blusa(3234001)	0,66			
15	entalegar almilla trasera (x2)	0,625			
16	entalegar almilla delantera(x1) 2 telas	0,6			
17	pegar sobrepuesto en espalda de chaleco	0,48			
18	pepuntar tapas de punta a 1/16	0,34			
19	pep tapas a 1/4 con salto	0,35			

11.1.3 Plantilla de datos del producto. En esta planilla esta relacionados los datos correspondientes al producto o prenda que se va a fabricar; el código de cada operación el estándar de cada operación.

Figura 38. Plantilla del total del OEE

Menu		TOTAL OEE												
Capacidad Total instalada en Revoluciones en planta		Utilización			Rendimiento			Calidad						
No Operarios:	1													
Turno: (func de maq)	Min	Horas												
Irevolucion(Min)														
Min /Promedio /prenda:														
Capacidad Promed de unidades:														
std promedio de Operación por ma														
Datos por Maquina														
Datos Basicos					Utilizacion(U)			Rendimiento .(R)			Calidad (Q)			
Hora	Maquina	Revoluciones/Min	Rev t/día	Rev /Reales	efic Revol(%)	T.de Funcionam Real	Tiempo de carga(Min)	%	capacidad Real	Capacidad Teorica	%	Prend Buenas	Prendas Totales	%
0:00:00	Maq 1													
	Maq 2													
	Maq 3													
	Maq 4													
	TOTALES	0	0	0	0%	0,0	0	0%	0,00	0,0	0%	0,00	0,00	0%
Datos Por Tipos de Maquina														
Datos Basicos					Utilizacion(U)			Rendimiento .(R)			Calidad (Q)			
Maquina	Revoluciones/Min	Rev t/día	Rev /Reales	Factor de correc	T.de Funcionam Real	Tiempo de carga(Min)	%	Prendas fabricadas	Prendas Teoricas	%	Prend Buenas	Prendas Totales	%	
Pianas														
Zaguas														
Fileteadora														
Recubridora														
	TOTALES	0	0	0	0%	0,0	0	0%	0,00	0,0	0%	0,0	0,0	0%

11.1.4 Planilla del OEE. contiene datos de información inicial de producción como lo son número de operarios ,turno de funcionamiento de la maquinaria, el valor en minutos de una revolución, el minuto promedio de la prenda ,la capacidad promedio en unidades de la maquina en el turno de trabajo, y el estándar promedio de operación por maquina; ya que estos son necesario tenerlos para el cálculo del mismo ;sujeto a estos datos también se requiere una información básica de la maquina a controlar como lo es el nombre de la máquina, la capacidad de revoluciones que tiene por minuto, las revoluciones teóricas del día , las revoluciones reales del día de la máquina y la eficiencia en revoluciones producidas de la maquina en el día.

Una vez configurados estos datos dentro de la plantilla formulada en Excel se procede con la recopilación de datos de producción de manera automática para el cálculo del indicador OEE con el cual se calculan en tiempo real indicadores como:

- **La utilización:** que su resultado está definido por el cociente o el cruce del tiempo de carga en minutos de la maquina o turno de la máquina y el tiempo de funcionamiento real de la misma.

- **El rendimiento.** Es la relación entre la capacidad teórica en revoluciones de la máquina y la capacidad real que este género.
- **La calidad.** Es el cruce entre las prendas totales a producir y las prendas producidas o reportadas por las lecturas del sistema, ya que si las unidades reportadas superan las reales quiere decir que se hicieron reproceso por calidad.

Dentro del OEE en esta plantilla se manejan también un indicador de marcha de la maquinaria que está conformado por las horas paradas de la maquina cruzada con las horas de función de la misma; un indicador de costos de maquinaria que da como resultado un costo del aprovechamiento de la utilización de la maquina como resultado de la relación del precio perdido por utilización con el precio de las revoluciones.

Figura 39. Indicadores de producción

Indicadores de produccion																			
Turno/Dia	Codigo	Operario	Codigo	Maquina	Codigo	Referencia	Codigo	Actividad	Tiempo Actividad	Cant	T.perdidos	minutos producidos	Turno/Real producido	Rend.	efic	Product.	Vlr/mi facturados	Minutos	
0,00																			
TOTAL												0	0,00	0%	0%	0%	\$-	\$-	

Como se mencionó anteriormente esta plantilla nos sirve para tener un análisis y un seguimiento detallado de los indicadores en la producción con respecto al factor operario que se analiza por medio del rendimiento, del factor, tiempo analizado por medio de la eficiencia y del resultado de la planta de producción por medio de la productividad ya que esta es la relación directa entre el rendimiento y la eficiencia. Esta planilla tiene unos datos iniciales que se alimentan directamente del arduino como lo son el código del operario, el código de la máquina, el código de la referencia y el código de la actividad que se ejecuta en la maquina; el turno de trabajo de la máquina, la cantidad ejecutada o producida por el operario y los tiempos perdidos en minutos del

operario; en complemento de estos indicadores se deben de tener una información básica calculada inicialmente como lo son los minutos producidos que es la relación del estándar de la actividad multiplicada por el tiempo estándar de la actividad, y el turno real producido que es la diferencia del turno real con los tiempos perdidos, una vez tenidos estos datos se procede a calcular los indicadores.

El rendimiento. Cantidad por el estándar de la actividad dividido el turno real de trabajo. $(R=cxStd)/Turno$

La eficiencia. Que es el cociente entre el turno real producido y el turno de trabajo. $(E=turno\ real/turno\ de\ trabajo)$

La productividad. Que es el producto entre el rendimiento y la eficiencia.

$$P= (Efic \times Rend)$$

Una vez generadas las plantillas para OEE y los indicadores de producción se generaron unas planillas auxiliares para tener acceso a un resumen de los porcentajes del OEE y los indicadores de producción

Figura 40. Plantilla resumen

Resumen.											
Cod	Operario	Maquina	Rend.	efic	Product.	min fac	Revoluciones Dia	Turno	Revoluciones Real	%	OEE
											53%

11.1.5 Plantilla Resumen. En esta se evidenciará un resumen de cada operario, de la maquina en que trabajo; cual fue su eficiencia, rendimiento y productividad y facturación de minutos del día y por ende como fue el porcentaje de revoluciones utilizadas de la maquinaria y como fue el indicador de OEE de cada máquina en el turno.

Figura 41. Plantilla de costos

Menu							
COSTOS							
Marcha de la Maquinaria			Costos por Maquinaria				
Horas de funcion	Horas paradas	%	\$xRevol	\$perd por utilizacion	\$ Aprov utilizacion	%	
0,00	0,00	0%	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	0%	

Operario							
	min prod.	Turno real prod	Rend.	efic	Product.	Vlr/min	min fac
Maria							
	0	0	0%	0%	0%	\$ -	\$ -

11.1.6 Planilla de costos. Esta planilla permite visualizar de una forma unificada y resumida los costos en los indicadores de producción como lo son los minutos facturados, está conformada por los ítems de: nombre del operario los minutos producidos, el turno real producido, el rendimiento, la eficiencia, la productividad, el valor minuto y lo minutos facturados.

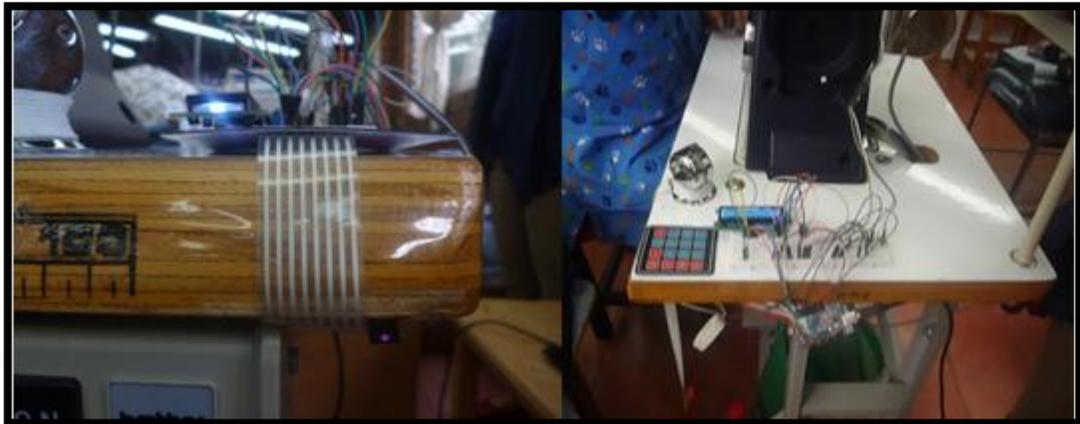
Con respecto a la mano de obra se obtendrán los indicadores de eficiencia, rendimiento y productividad; relacionados con un costo valor minuto de producción, los minutos facturados, la facturación indicada, el total en \$ (dinero)de minutos no facturados, y los minutos facturados, y el dinero generados por el total de producción que hizo cada operario.

12. INSTALACIÓN DEL SISTEMA

12.1 Instalación sobre la máquina. Se realizó una visita a la empresa Confecciones Zayma en la cual se adaptó el dispositivo en una maquina plana, se ubica el sensor número 1 en la parte inferior de la maquina el cual toma lecturas de las unidades producidas, el sensor número 2 se instala de manera lateral a la maquina con dirección a la polea con el fin de medir las revoluciones del motor teniendo como referencia para las lecturas un punto blanco que fue adecuado en la polea.

El teclado y la lcd fueron ubicadas de manera práctica sobre la máquina, permitiendo una fácil digitación y lectura de la operaria tal y como se observa en la imagen a continuación.

Figura 42. Adaptación del sistema en la máquina



12.2 Método de La operaria. Se capacito la operaria en cuanto al método de manipulación y descargue de la prenda, como se ubicaba el producto a procesar, como lo pasaba la prenda por el frente del sensor de unidades, y como lo descargaba una vez efectuada la operación; también se le dieron las instrucciones en cuanto a la manipulación del sistema cómo funcionaba y los códigos correspondientes a digitar y los datos de la pantalla lcd.

Tabla 8. Relación de teclas, variables y códigos

Accionar	Tecla	Variable	Código
Al oprimir	A	Operario	01
Al oprimir	B	Maquina	02
Al oprimir	C	Referencia	03
Al oprimir	D	Actividad	04
Al oprimir	*	Volver	

Como se observa en la tabla anterior antes de empezar con la toma de los datos el operario debe de registrar los códigos de las diferentes variables, en caso de que se cometa un error de digitación por parte del operario el sistema permite volver atrás oprimiendo la tecla asterisco (*) y de esta manera subsanar el error.

Figura 43. Método de la operaria



Figura 44. Adaptación del sistema en la máquina

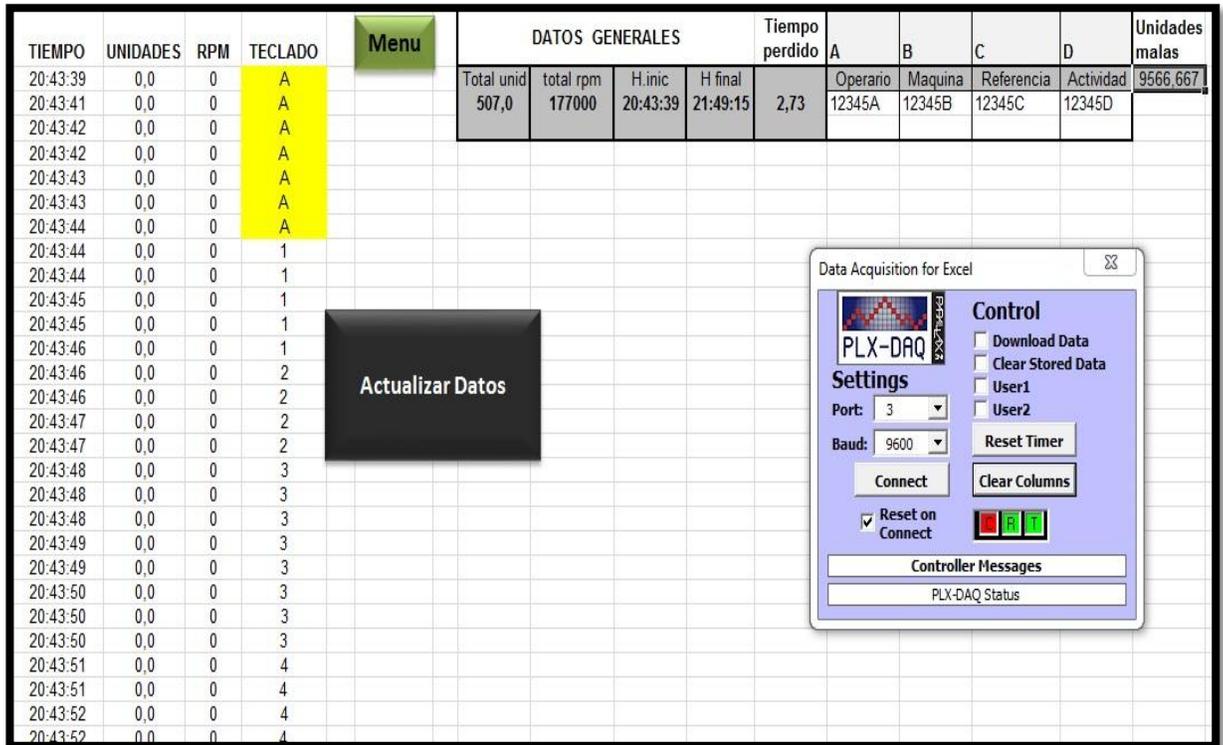


13. RESULTADOS DEL ENSAYO

Con los datos Obtenidos a través del sistema, se alimentaron de manera automática las planillas diseñadas en Excel. Permitiendo así tomar los indicadores de producción Relacionados con la maquinaria, la mano de obra y los costos.

se generó una base de datos con la información del producto, la cual esa ligada a los datos por una plantilla de datos recibidos que permitió a su vez hacer el cruce de la información.

Figura 45. Exportación de datos arduino PLX-DAQ



13.1 Resultados de exportación de datos. La visualización de los datos del arduino a través de la plantilla plx-daq, mostro que durante un tiempo de 66 minutos se realizaron 507 unidades, 177000 revoluciones por minuto de la máquina, que el proceso empezó a las 20:43:39, y termino a las 21:49:15 y un tiempo perdido de producción de 2,73 minutos; el cual se obtuvo filtrando los tiempos en que la maquina no estaba generando revoluciones en la cual las columnas estaban en cero, para extraer los códigos de las variables de producción A(Operario), B(Maquina); C(Referencia) y C(Actividad) ; se aplicó una formula en Excel (=SI) con condicional que me identificara numéricamente el código en letras digitado en el teclado del arduino; datos que fueron realizados bajo una macro(Actualizar Datos), con el objetivo de ir actualizando el sistema en tiempo real ,y el resto de las plantillas nombradas en el menú anterior.

Esta información nos beneficia porque se realiza de una manera automática, y para generar informes no se requiere de la recolección de datos manuales y organización de variables; sino que con solo darle actualizar datos; la información que está transmitiendo el arduino se actualiza automáticamente,

alimentando la información requerida por las otras plantillas definidas en el menú; hay una velocidad de respuesta efectiva con respecto a la veracidad de la información y la recolección de los datos de la máquina. Por parte de la persona o funcionario que la requiera.

Hay más compromiso del personal operativo, ya que los datos no pueden ser manipulados y se crea más sentido de pertenencia.

Para la gerencia hay reducción de costos ya que por medio de esta plantilla que visualiza la transmisión de datos que envía el arduino de la maquina en tiempo real se pueden tener controladas y visualizados las unidades, revoluciones por minutos, y las variables digitadas en el teclado, las unidades que salen malas y los tiempos perdidos durante el proceso; se analiza más directamente las causa que genera las restricciones en el proceso; se disminuye la mano de obra que recolecta la información manual, y los desplazamientos en la planta de producción por parte del analista de ingeniería y que la dijita, se disminuye la utilización de papelería o registros de producción, evita el control de códigos de barra para la producción ya que estos son costosos; de la utilización de lapiceros o lápices que representan amenaza para calidad del producto por temor a una mancha o suciedad

13.2 Resultados OEE. Una vez dado el método a la operaria y adaptado el sistema se inició la toma de datos y de muestreo en un jean de dama, en la actividad de respuntar aletilla con un tiempo de proceso de 0,11 minutos, durante un tiempo de 66 minutos y estos datos fueron los que se obtuvieron:

Figura 46. Cálculo OEE

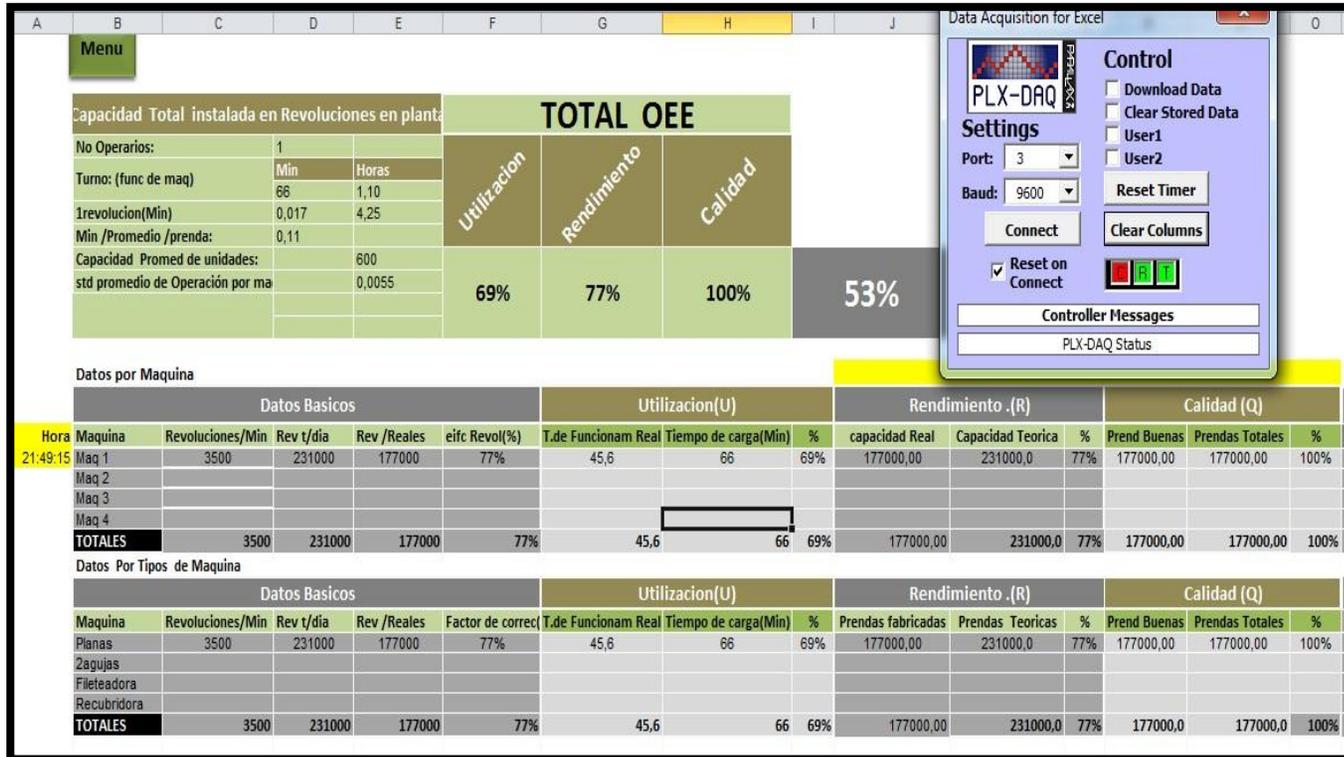


Figura 47. OEE ,PLX-DQ

The image shows an Excel spreadsheet with a PLX-DAQ control panel overlaid on the right side. The spreadsheet contains two tables of OEE data. The control panel includes settings for Port (3) and Baud (9600), and buttons for Connect, Reset Timer, and Clear Columns. The spreadsheet data is as follows:

Marcha de la Maquinaria			Costos por tiempos perdidos y paros de maquina				Mantenimiento		
Horas de funcion	Horas parada	% marcha	\$xRevoluciones Dia	\$. X paro de maquina	\$ revoluciones aprovechadas	% costos paros de maquina	Horas de funcion maq	Horas parada	% marcha
76%	34%	45%	\$ 14.875,00	\$ 86,74	\$ 14.788,26	0,1%	66,00	66,00	100%
0,76	0,34	45%	\$ 14.875,00	\$ 86,74	\$ 14.788,26	0,1%	66,00	66,00	100%

Marcha de la Maquinaria			Costos por tiempos perdidos y paros de maquina				Mantenimiento		
Horas de funcion	Horas parada	%	\$xRevol	\$,perd por utilizacion	\$ Aprov utilizacion	%			
0,76	0,34	45%	\$ 14.875,00	\$ 86,74	\$ 14.788,26	0,1%			
0,76	0,34	45%	\$ 14.875,00	\$ 86,74	\$ 14.788,26	0,1%	66,00	66,00	100%

13.3 Indicadores generados. La herramienta OEE en los 66 minutos de función de la maquina actualizada directamente desde la plantilla PLX-DQ, dio un total de 53%; como resultado de la relación de la utilización que arrojo un 69%, en la cual se obtuvo un tiempo de funcionamiento real de la máquina de 45,6 minutos; de 66 minutos que la maquina estuvo cargada. El rendimiento 77%, ya que la capacidad real en revoluciones por minuto que arrojo maquina fueron 177000 y la capacidad teórica que tiene la maquina son de 231000 revoluciones por minuto; y la calidad 100% lo cual nos indica que las prendas buenas fueron igual a las prendas totales.

Anexo a la herramienta OEE se calculó la marcha de la maquinaria en la cual visualizamos un porcentaje de marcha de la maquinaria del 45%, ya que las horas de funcionamiento fueron un 76% del tiempo real, y las horas o tiempos de paro fueron un 34%.

Los costos por tiempos perdidos y paros de máquina arrojaron un porcentaje del 0,06% en \$, lo cual nos muestra que se perdió poco dinero en paros de máquina.

Con respecto a la medición del mantenimiento se visualizó que no hubo tiempos perdidos por mantenimiento de maquinaria. Lo cual arrojo como resultado un porcentaje del 100%. en el total del tiempo en que la maquina estuvo cargada.

Esta herramienta es de gran utilidad ya que permite llevar al supervisor o jefe de área un control de los minutos que se utilizan a diario en mantenimiento, o en qué momento se está haciendo ya que la información es en tiempo real. Por medio de esta herramienta del OEE el empresario o gerente se mantiene informado del aprovechamiento y uso adecuado de la maquinaria, de los gastos que se generan por paros, o ganancias generadas, y también le permite crear al mecánico un histórico del comportamiento de la maquinaria; es de fácil acceso ya que solo es darle el botón actualizar en la plantilla PLX-DAQ. Que nos genera la información en tiempo real y de forma automática.

Figura 48. Datos de variables

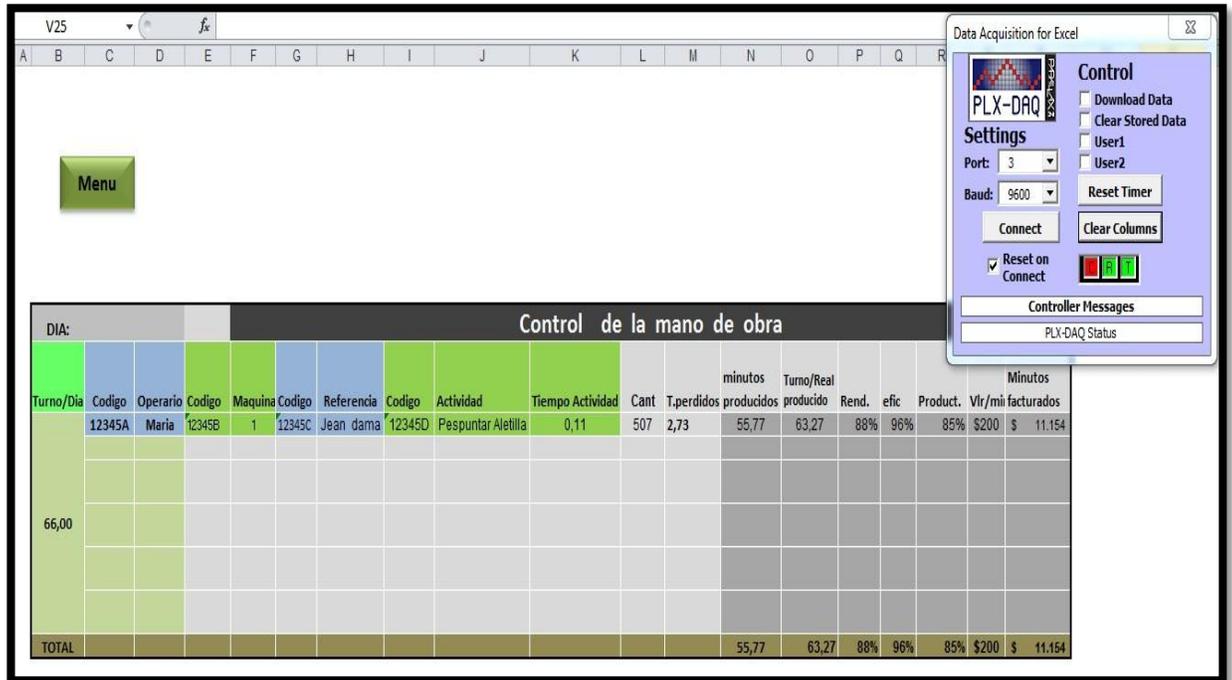
The screenshot displays a software interface with two main components. On the left, there is a 'Menu' button and a 'Base de Datos' section containing a table with four columns: 'Codigos', 'Descripcion', and 'Tiempo de Actividad'. The table has four rows of data. On the right, there is a 'Data Acquisition for Excel' control panel with various settings and control options.

	Codigos	Descripcion	Tiempo de Actividad
A Operario	12345A	Maria	
B Maquina	12345B		1
C Referencia	12345C	Jean dama	
D Actividad	12345D	Pespuntar Aletilla	0,11

13.3.1 Resultados de tablas de variables. Como lo muestra la gráfica el producto que se trabajo fue un jean de dama lo ejecuto la operaria María, la actividad fue pespuntar aletilla con un tiempo estándar de 0,11 minutos, en la maquina No 1.

Esta plantilla beneficia al analista de ingeniería ya que digita muy pocos datos además los datos de las variables de producción como los son operario, maquina, referencia y actividad son automáticos solo basta dar actualizar datos en la plantilla PLX-DAQ y estos se actualizan.se elimina papelería porque todo es en el sistema. Le facilita al analista de ingeniería el manejo de los datos y tempos de las actividades u operaciones del producto.

Figura 49. Indicadores de producción



13.3.2 Resultados de indicadores de producción. visualizamos el rendimiento que tuvo la operaria que fue de un 88%, la eficiencia en tiempo que fue de 96% lo cual indica que casi no perdió tiempo, y una productividad de la planta del 85%, también se visualizaron las variables de producción (código y nombre del operario(a), código y nombre de máquina, código y nombre de la referencia; código, nombre y tiempo de la actividad).

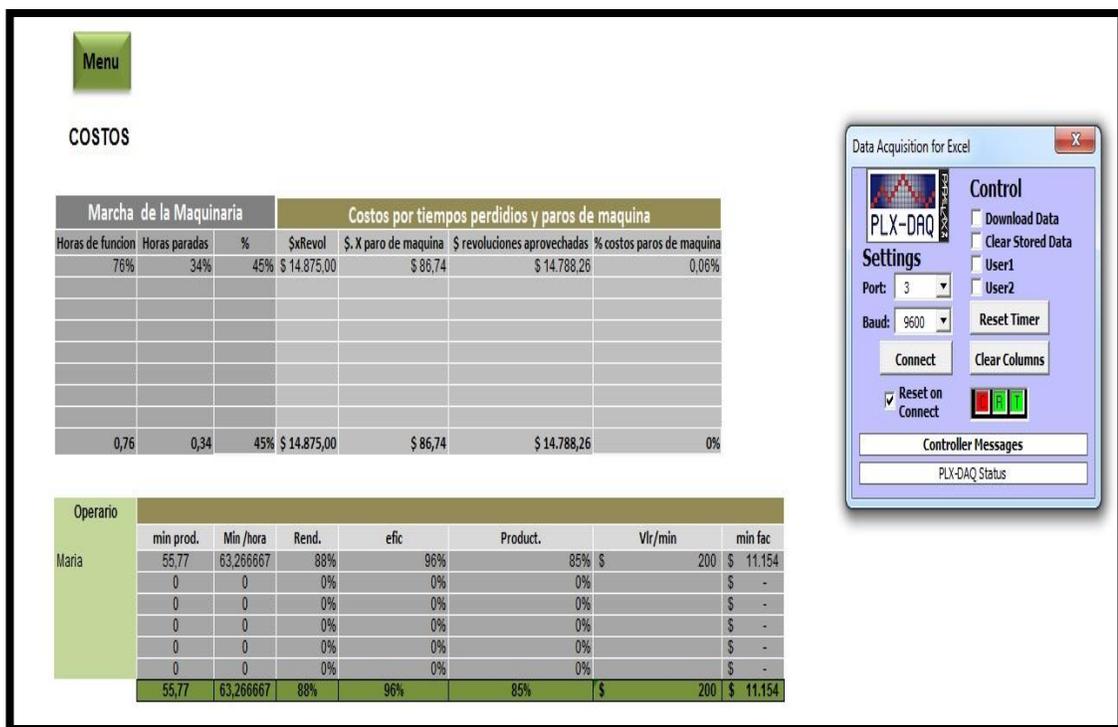
También se identifica claramente la cantidad de unidades operadas que fueron 507, un tiempo perdido de 2,73 minutos, 55 minutos producidos, y un turno real producido de 63,27 minutos; ya que se descontaron del turno total (66min), 2,73 minutos perdidos. Y finalmente un costo producido en minutos de minutos facturados de \$11,54.

Con esta plantilla de indicadores de producción la compañía se beneficia porque se ahorra tiempos con el operario, ya que este no requiere escribir la producción en registros o retirar códigos de barra de las prendas y anexarlas en los registros, sino que este tiene una manipulación mínima que es registrar las prendas en el sensor que está conectado al arduino y digitar las variables de operario, máquina actividad y referencia y el tiempo es mínimo. Y estos

datos aparecen automáticamente el PLX-DQ; y solo se requiere actualizar datos y la información se actualiza automáticamente.

Le ahorra tiempo al analista de ingeniería en calificar registros y pasarlos al sistema de forma manual, sino que de esta forma se hace automáticamente y al analista le queda más tiempo para meterse en la planta a mejorar métodos y a interactuar con los operarios y reducir más costos en la planta.

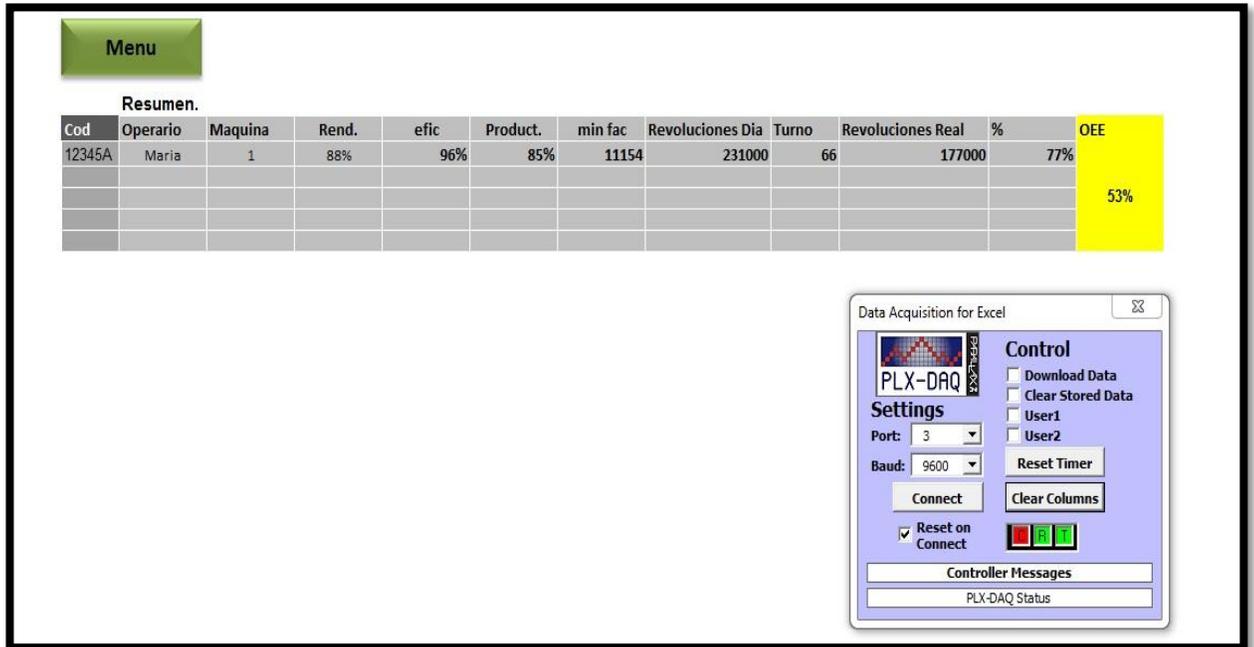
Figura 50. Relación de costos



13.3.3 Resultados de aprovechamiento de la máquina. En esta identificamos claramente el porcentaje de marcha de la maquinaria, los costos por tiempos y paros de máquina que fueron de un 0,06%, y con respecto a los indicadores de producción se muestra el total de los minutos producidos por el operario, los minutos reales aprovechados del turno con el descuento de los tiempos perdidos, los minutos facturados y el rendimiento, la eficiencia y la productividad.

El beneficio de esta plantilla es visualizar todos los costos de una manera rápida y automática con solo dar actualizar datos en la plantilla PLX-DAQ; permite una gran velocidad de respuesta para el gerente analizar los costos

Figura 51. Resumen de producción

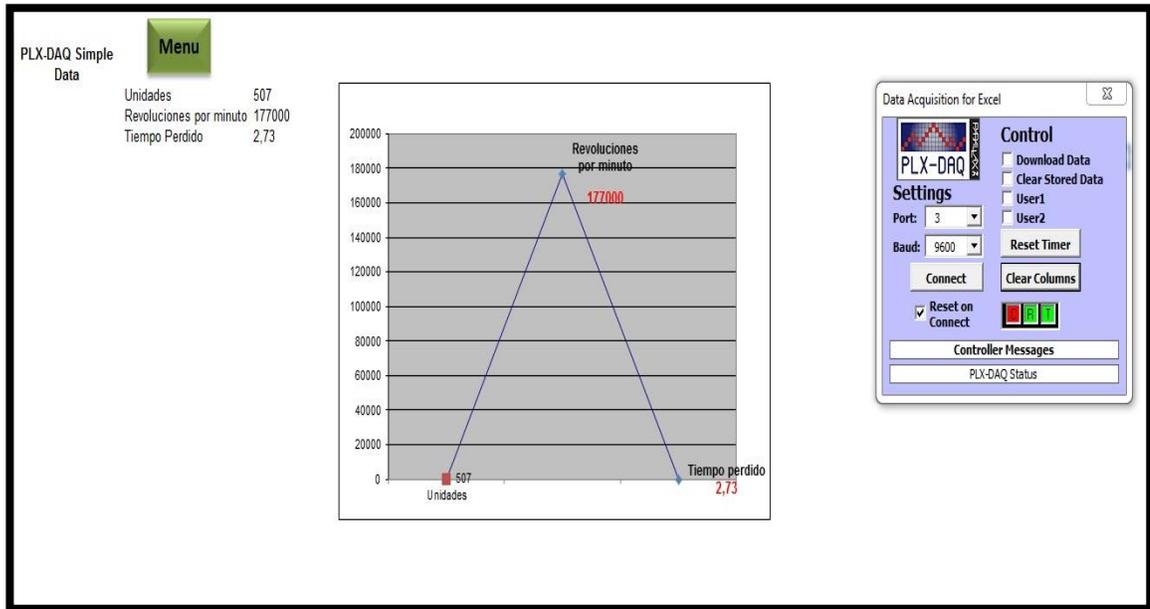


13.3 Resumen de producción. Esta plantilla observamos el resumen visualizamos claramente en rendimiento, la eficiencia, los minutos facturados por el operario, y la productividad de la planta, de igual forma el porcentaje de revoluciones generados por la máquina y el total de la herramienta OEE, Que fue de un 53%

El beneficio de esta planilla es mirar el resumen de los indicadores de producción y de la medición de la maquinaria, que la persona que quiera saber de estos datos no necesite entrar a la plantilla de indicadores o a la del OEE, sino ir directamente a los datos que necesita.

Se visualiza el resumen directo de los datos ya sea para el gerente o el área de ingeniería. Solo se le debe dar actualizar datos en la plantilla PLX-DAQ

Figura 52. gráfico de producción



Se observa gráficamente la cantidad de unidades que fueron 507, las revoluciones por minutos de la máquina que fueron 177000y el tiempo perdido durante el proceso que fueron 2,73 minutos; tomada directamente de la placa de arduino en tiempo real.

El beneficio de esta plantilla es la de permitir al analista de ingeniería, gerente o jefe de línea visualizar las unidades producidas, las revoluciones de la máquina y los tiempos perdidos de una forma gráfica y en tiempo real y automático, basta solo con dar actualizar datos en la plantillaPLX-DAQ y la información se actualiza inmediatamente sin necesidad de digitar ningún dato

Tabla 9. Resumen de los beneficios

Plantilla (Excel)	Manejo de la información en la Forma Tradicional	Beneficio del manejo de la información en tiempo real de manera automatizada
PLX-DAQ	Actualmente en la industria de la confección se recogen los datos manuales cada hora o se utiliza un sistema de códigos de barra	Este sistema automatiza el proceso de recolección de datos de la máquina, ahorra dinero en el gasto de papelería en registros de producción, automáticamente. Esta plantilla tiene un botón actualizar datos, que nos actualiza los datos automáticamente en el momento que se requiera
HERRAMIENTA OEE	Actualmente en la industria de la confección textil no se realiza un seguimiento adecuado de la maquinaria	Esta herramienta permite conocer detalladamente todas las variables de la maquinaria ,las revoluciones del máquina y de las unidades producidas, los costos por tiempos perdidos y mantenimiento y el porcentaje de calidad de forma automática
DE DATOS	En la actualidad las bases de datos no tienen su información automática desde la maquina	Esta plantilla beneficia su usuario ya que recibe la mayoría de los datos en tiempo real (operario, maquina actividad) relacionando estos datos con otra planilla ya creada.
INDICADORES DE PRODUCCION	Los indicadores de producción en la planta de confección textil actualmente en la mayoría de los casos se hace muy manual ya que se recogen los registro y luego se digitan	Lo que nos beneficia al utilizar esta plantilla seria eliminar en parte la mayoría de los procesos manuales, ya que esta es de forma automática y recibe los datos en forma real y directa desde (PLX-DAQ)que lee los datos directos del arduino

COSTOS	En la actualidad los costos se generan muy manuales o en plantillas generadas por la sumas y la recolección de datos de otras	Por medio de este sistema la información sale automáticamente solo se actualizan los datos en la plantilla inicial PLX-DAQ
RESUMEN	Se Generan muy manuales y a veces se realizan hasta manualmente	Con este sistema los datos se generan automáticamente se ejecuta el botón actualizar datos de la plantilla PLX-DAQ
INTERACTIVE BAR GRAPH	En la actualidad los gráficos se hacen de una forma manual y no automática	Se visualiza automáticamente la hora de inicio y de terminación del proceso
PLX-DAQ SIMPLE DATA	Se Realizan en forma manual, y no se visualizan en tiempo real	Se visualizan las unidades producidas ,las revoluciones por minuto y los tiempos perdidos en tiempo real y automáticamente

ANEXOS

LISTADO DE ACTIVIDADES PARA EL LOGRO DE CADA OBJETIVO

CATEGORIZAR LAS VARIABLES PRESENTES EN LOS DIFERENTES MODELOS DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN.

MODELO DE PRODUCCIÓN LINEAL, MODULAR Y CELULAR:

- Delimitar el proceso de fabricación en la planta de producción; saber dónde inicia y donde termina el proceso productivo.
- Identificar los tiempos de la jornada laboral (horas de alimentación, horas de termino de labor, día y fecha).
- Clasificar tiempos perdidos por maquinarias, personal, insumos, calidad, tiempos por la empresa.
- Especificar los datos de información del lote a fabricar nombre del operario, Referencia, cantidad del producto, Listado de operaciones o actividad, estándar, cantidad por hora, maquinaria).

Bibliografía

- Areatecnologica. (2016). <http://www.areatecnologia.com>. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/informatica/lenguajes-de-programacion.html>
- Atexga. (2016). <http://www.atexga.com/prevencion/es/guia/el-proceso-textil.php>.
- Chain, R. e. (2014). *Sistemas y modelos de producción industrial*.
- Dominguez, M. (2008). *DIRECCION DE OPERACIONES*.
- Giraldo, A. M. (2011). *Innovación Tecnológica y Mejoramiento Productivo: una perspectiva*. Medellín.
- Heizer, Render. (2010). *Principios de administración de operaciones* (Pearson ed.). Mexico.
- <http://observatorioeconomico.inexmoda.org.co/Portals/0/1%20Conferencia%20importancia%20>. (s.f.).
- ingenieria industrial online . (2016).
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. 4ta.
- Leidinger, R. (2016). <http://datateca.unad.edu.co>. Obtenido de <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102026/102026-2014->
- Llopis, R. S. (2009). *Automatización industrial*.
- MEJIA, MONTOYA, BRAVO. (2011).
- Niebel, Freivalds. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseños del trabajo*. En 391. Mexico: The McGraw-Hill Companies.
- OEE, S. (s.f.). <http://www.sistemasoe.com/oe/para-principiantes>. Obtenido de <http://www.sistemasoe.com/oe/para-principiantes>

- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Madrid.
- Olaya, G. (2015). Automatización Industrial. *Automatización*.
- Ortiz. (2006).
- Perez, D. (2012). <http://davidperezsuplewich.blogspot.com.co/>. Obtenido de <http://davidperezsuplewich.blogspot.com.co/2012/12/concepto-de-excel-sus-caracteristicas-y.html?view=flipcard>
- Ponsa, Granollers. (2014). www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf.
- RESTREPO, A. B. (2013).]productividad del sector textil propuesta de creación de un cluster.
- SistemasOEE. (2016). <http://www.sistemasoe.com>. Obtenido de <http://www.sistemasoe.com/oe/para-principiantes/89-definicion-oe>
- technology, G. s. (2012). <http://gstechology.com.ar/webgst/>. Obtenido de https://www.google.com.co/?gfe_rd=cr&ei=tIOIVvneDJXAgASc_ZHoCQ
- Vega, E. (2016). <http://seuntriunfador.com/eficiencia-eficacia-efectividad-productividad/>. Obtenido de <http://seuntriunfador.com>
- Velasquez, P. C. (2015). *Tendencia de la ingeniería industrial*. Obtenido de biblioteca.ucp.edu.co: biblioteca.ucp.edu.co/OJS/index.php/paginas/article/viewFile/2567/2505