

**SISTEMATIZACIÓN DE DATOS DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO CON
MIRAS AL CRECIMIENTO 4.0, EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE
COMUNICACIÓN MÓVIL**

Lorena Patricia Manrique Chacón

Karen Natalia Polanco Vélez



Universidad Distrital Francisco José De Caldas

Facultad tecnológica

Proyecto curricular Ingeniería de Producción

Bogotá, Colombia

2020

**SISTEMATIZACIÓN DE DATOS DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO CON
MIRAS AL CRECIMIENTO 4.0, EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE
COMUNICACIÓN MÓVIL**

Lorena Patricia Manrique Chacón – 20181377010

Karen Natalia Polanco Vélez – 20181377015

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero de Producción

Ing.Msc. Johan Alexander Rincón Guadrón

Director



Monografía

Universidad Distrital Francisco José De Caldas

Facultad tecnológica

Proyecto curricular Ingeniería de Producción

Bogotá, Colombia

2020

Nota de aceptación

Docente director

Jurado

Fecha de sustentación

Agradecimientos

La Universidad nos dio la bienvenida al mundo tal y como es, con oportunidades incomparables, antes de todo esto no pensábamos que fuera posible que algún día nos encontráramos con ellas. Dentro de este proceso descubrimos habilidades y destrezas que jamás pensamos que se desarrollaran.

Agradecemos por la ayuda a todos nuestros maestros, en especial al tutor de este proyecto, Ingeniero Johan Rincón y al Ingeniero Pablo Emilio Garzón por brindarnos la oportunidad de acudir a su capacidad y conocimiento, así mismo a su paciencia; a nuestros compañeros y amigos; la ayuda idónea llega justo a tiempo, nos ayudaron hasta donde les era posible, incluso más que eso.

A Omar Polanco Andrade, sin sus ideas, impacto e impulso nada de esto sería posible.

Gracias a Dios por permitirnos tener y disfrutar de estas oportunidades, a las familias por ser la motivación y orgullo de lograrlo todo y ser lo que somos ahora, por apoyarnos en cada decisión y proyecto; gracias por creer en nosotras.

Agradecemos a la compañía PAVCO Wavin, a la planta de Geosistemas, en especial al Ingeniero Jorge Mendoza por haber aceptado que nuestras ideas se desarrollaran en su línea de producción.

No ha sido fácil el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, amor, bondad y perseverancia, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos.

Es para nosotras motivo de satisfacción dedicarles a ellos lo que con mucho esfuerzo y esmero hemos logrado.

A la Universidad Distrital por tan abundantes conocimientos otorgados; por ser el reto más grande y satisfactorio de nuestras vidas.

Resumen

Las organizaciones necesitan herramientas que aporten a la adecuada toma de decisiones para mejorar significativamente sus indicadores en las áreas de producción y mantenimiento; se propone el estudio del manejo que una empresa del sector geotextil da a la información de maquinaria en tiempo real, tal que se pueda evidenciar las técnicas actuales de recolección, análisis y retroalimentación de los datos obtenidos, interviniendo en mejorar el rendimiento, calidad, optimización de recurso físico y humano, procesos, enriquecimiento de indicadores, entre otras acciones positivas que se buscan con la información obtenida de las máquinas.

En la medida que se puede obtener información en tiempo real, principio de las industrias 4.0 e IoT (Internet of things), el desarrollo tecnológico en las compañías avanzará más rápido. Reemplazando paulatinamente los métodos convencionales expuestos al error humano, brindando finalmente datos e información relevante y fundamentada que facilitará la toma de decisiones sobre la marcha y planeación de actividades de manera más precisa y adecuada a la necesidad, trazabilidad y comportamiento de los sistemas productivos. De esta manera será más eficiente, exacto y real el proceso de obtención de información.

Nuestra estrategia, es acercar la tecnología a aquellas compañías que lo necesitan, sin una sofisticada instrumentación de sus ya existentes máquinas, pero con la facilidad de acceder a gran parte de los beneficios del internet de las cosas, sobre todo el acceso a la información en tiempo real; dar total certeza al empresario o departamento de ingeniería de lo que sucede en su compañía, y traducir los datos obtenidos a indicadores orientado a la toma asertiva de decisiones, que implique datos de calidad, productividad, eficiencia, o cualquier sistema de indicadores; de modo, que las empresas pequeñas y medianas puedan tener mayor participación en el mercado con la implementación de la herramienta contribuyendo así a su competitividad en el mercado.

Palabras Clave

OEE; Utilización; Rendimiento; Calidad; Solución.

Abstract

Organizations need tools that contribute to proper decision-making to significantly improve their indicators in the areas of production and maintenance; it is proposed to study the management that a company in the geotextile sector gives to machinery information in real time, such that it can be evidenced the current techniques of collection, analysis and feedback of the data obtained, intervening in improving the performance, quality, optimization of physical and human resource, processes, enrichment of indicators, among other positive actions that are sought with the information obtained from the machines.

As real-time information can be obtained, industry principle 4.0 and IoT (Internet of things), technological development in companies will move faster. Gradually replacing conventional methods exposed to human error, finally providing relevant and informed data and information that will facilitate decision-making on the fly and planning of activities more precisely and appropriate to the need, traceability and behavior of production systems. This will make the information collection process more efficient, accurate and real.

Our strategy is to bring technology closer to those companies that need it, without sophisticated implementation of their existing machines, but with the ease of accessing much of the benefits of the Internet of Things, especially access to information in real time; give total certainty to the entrepreneur or engineering department of what is happening in your company, and translate the data obtained into indicators oriented to assertive decision making, involving quality data, productivity, efficiency, or any system of indicators; so that small and medium-sized enterprises can have greater market share with the implementation of the tool thus contributing to their competitiveness in the market.

Keywords

OEE; Utilization; Performance; Quality; Solution.

Tabla de contenido

1.	GENERALIDADES	7
1.1.	PROBLEMA	7
	Descripción.....	7
	Formulación.....	9
1.2.	OBJETIVOS.....	10
	Objetivo General.....	10
	Objetivos Específicos.....	10
1.3.	DELIMITACIÓN O ALCANCE.....	10
1.4.	METODOLOGIA	11
1.5.	MARCO HISTÓRICO.....	14
	1.5.1. El sector económico del geotextil.....	14
	1.5.2. Transformación Productiva.....	15
	1.5.3. La organización S.A.....	18
	1.5.4. Antecedentes.....	19
1.6.	MARCO TEÓRICO.....	21
	1.6.1 Balanced Scorecard (Tablero de control).....	21
	1.6.2 Medición del OEE.....	24
	1.6.3 Indicadores en mantenimiento.....	25
	1.6.4 OEE en procesos productivos.....	27
1.7.	MARCO LEGAL.....	29
	1.7.1 Normatividad general.....	29
	1.7.2 Normas técnicas.....	30
2.	EL CASO: SISTEMA DE PRODUCCIÓN GEOTEXTIL.....	31
2.1.	ACERCAMIENTO	31
2.2.	DIAGNÓSTICO.....	32
	2.2.1 Diagnóstico de variables e indicadores pertinentes.....	37
	2.2.2 Síntesis de la situación actual.....	52
2.3.	INFORMACIÓN PREVIA	53
2.4.	CARACTERIZACIÓN DE LOS INDICADORES	54
	2.4.1 Fichas de indicadores.....	56
	2.4.2 Causas de parada estandarizadas.....	68
2.5.	RECURSOS	73

2.5.1	Humanos.....	73
2.5.2	Técnicos.....	74
2.5.3	Financieros.....	74
3	SISTEMATIZACIÓN DE DATOS PARA EL CRECIMIENTO 4.0.....	75
3.1	SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA.....	75
3.2	DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA.....	79
3.3	METODOLOGÍA DE USO Y MANEJO.....	85
3.3.1	Instrumentos de monitoreo de los procesos de producción y mantenimiento	86
3.3.2	Diseño de adquisición de información.....	87
3.3.3	Definición de software de almacenamiento.....	90
3.3.4	Monitoreo de indicadores de procesos por dispositivos IoT y bases de datos:	95
3.3.5	Protocolo.....	102
3.3.6	Procedimiento	103
3.4	KPI PROPUESTO	105
3.5	ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO	109
3.5.1	Matriz FODA, análisis de resultados	109
3.5.2	Plan de mejora estratégico propuesto	109
3.6	PRESUPUESTO	110
3.6.1	Requerimientos.....	114
4	RECOMENDACIONES	115
5	CONCLUSIONES.....	117
	REFERENCIAS.....	120
	ANEXOS	122

Lista de diagramas

Diagrama 1. Diagrama de flujo, metodología. Fuente: Propia.	13
Diagrama 2. Diagrama del funcionamiento del aplicativo. Fuente: Propia.	80
Diagrama 3. Funcionamiento de la aplicación. Fuente: Propia.	89
Diagrama 4. Mapa estratégico. Fuente: Propia.	90
Diagrama 5. Análisis DOFA para la herramienta. Fuente: Propia.	109

Lista de fichas de indicadores

Ficha de indicador 1. Metros por segundo. Fuente: Propia.	57
Ficha de indicador 2. Horas programadas. Fuente: Propia	57
Ficha de indicador 3. Horas efectivas. Fuente: Propia.....	58
Ficha de indicador 4. Kilogramos producidos. Fuente: Propia.....	59
Ficha de indicador 5. Kilogramos empacados. Fuente: Propia.....	60
Ficha de indicador 6. Metros lineales producidos. Fuente: Propia.	61
Ficha de indicador 7. Metros lineales empacados. Fuente: Propia.	61
Ficha de indicador 8. Kilogramos de Scrap (material de rechazo). Fuente: Propia.....	62
Ficha de indicador 9. Disponibilidad. Fuente: Propia.....	63
Ficha de indicador 10. OEE. Fuente: Propia.....	65
Ficha de indicador 11. Rendimiento. Fuente: Propia.....	65
Ficha de indicador 12. Calidad. Fuente: Propia.	66
Ficha de indicador 13. Utilización. Fuente: Propia.....	66
Ficha de indicador 14. OEU. Fuente: Propia.	67
Ficha de indicador 15. Consumo de energía. Fuente: Propia.	67

Lista de graficas

Gráfica 1. Producción en Kilogramos Vs. Scrap generado. Fuente: Propia	42
Gráfica 2. Disponibilidad. Fuente: Propia.	42
Gráfica 3. Producción en metros y velocidad lineal. Fuente: Propia.....	43
Gráfica 4. Relación de tiempos. Fuente: Propia.	50
Gráfica 5. Capacidad instalada, teórica y real. Fuente: Propia.	50
Gráfica 6. Disponibilidad. Fuente: Propia	51
Gráfica 7. Matriz QFD. Fuente: Propia.	106

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Utilidad del balanced score card. Fuente: Kaplan, R.; Norton, D. (2009).....	23
Ilustración 2. Formato de producción actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.....	33
Ilustración 3. Formato de producción de la compañía, posterior. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.....	34
Ilustración 4. Conglomerado de horómetros para análisis, sistema actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.....	34
Ilustración 5. Lectura de horómetros a horas trabajadas por turno y telar, captura del sistema actual de datos, horas efectivas y de producción. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.....	35
Ilustración 6. Análisis de causas de parada estandarizada, tiempo improductivo. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.....	35
Ilustración 7. Productividad de los operarios, sistema actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.....	36
Ilustración 8. Disponibilidad porcentual de los telares respecto a las 8 horas por turno, sistema actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.....	36
Ilustración 9. Conglomerado de tiempo improductivo en minutos, sistema actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.....	36
Ilustración 10. Conglomerado de tiempo improductivo, sistema actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.....	59
Ilustración 11. Falla de calidad, mal tejido. Fuente: PAVCO Wavin.....	60
Ilustración 12. Falla de calidad, cinta mal extruida. Fuente: PAVCO Wavin.....	62
Ilustración 13. Indicadores de producción diario, noviembre 2017. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.....	64
Ilustración 14.. Esquemático DORA V1. Fuente: Propia.....	83
Ilustración 15. Funcionamiento de un ordenador. Fuente: (Goilav, Nicolas; Loi, 2016).....	91
Ilustración 16. Modulo ESP8266MOD. Fuente: Arduino.....	93
Ilustración 17. Captura de programación de ESP8266MOD en Arduino 1.8.3 para la extracción de datos. Fuente: Propia.....	94
Ilustración 18. Raspberry Pi 3. Fuente: Raspberry Pi.....	94
Ilustración 19. Captura de programación de página web LAMP para consultas. Fuente: Propia.....	95
Ilustración 20. Tabla de productividad de la interfaz phpMyAdmin. Fuente: Propia.....	96
Ilustración 21. Tabla de mantenimiento de la interfaz phpMyAdmin. Fuente: Propia.....	96
Ilustración 22. Solicitud de ingreso total de datos de filtro en Cyberdao. Fuente: Propia.....	97
Ilustración 23. Consulta en Cyberdao de la tabla de reporte de producción. Fuente: Propia.....	98
Ilustración 24. Consulta en Cyberdao de la tabla de eventos de mantenimiento. Fuente: Propia.....	99
Ilustración 25. Consulta en Cyberdao de la tabla de eventos de mantenimiento desde un dispositivo móvil Android. Fuente: Propia.....	100
Ilustración 26. Dashboard productividad. Fuente: Propia.....	101
Ilustración 27. Dashboard eventos de mantenimiento. Fuente: Propia.....	101
Ilustración 28. Protocolo de comunicación general. Fuente: Propia.....	103
Ilustración 29. Matriz de la calidad. Fuente: Propia.....	106

Lista de tablas

Tabla 1. CIU Mexichem. Fuente: Propia.....	14
Tabla 2. Conglomerado de indicadores general tejidos 2017. Fuente: PAVCO Wavin.....	41
Tabla 3. Medidas estadísticas de los datos recolectados. Fuente: Propia.	41
Tabla 4. Análisis de varianza kilogramos producidos al año respecto a metros producidos al año. Fuente: Propia.	44
Tabla 5. Regresión metros lineales respecto a los kilogramos producidos. Fuente: Propia.	45
Tabla 6. Proyección de producción según regresión. Fuente: Propia.	46
Tabla 7. Correlación de variables respecto al periodo. Fuente: Propia.	47
Tabla 8. Fallas por telar. Fuente: Propia.....	48
Tabla 9. Fallas por telar. Fuente: Propia.	48
Tabla 10. Datos de capacidades, mes 1. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.	49
Tabla 11. Indicadores del caso. Fuente: Propia, basada en información de Geosistemas PAVCO Wavin.	54
Tabla 12. Tablero de control propuesto. Fuente: Propia.....	56
Tabla 13. Máximas horas programadas por turno posibles. Fuente: Propia.	58
Tabla 14. Disponibilidad tejidos noviembre 2017. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.	64
Tabla 15. Causas de parada estandarizadas - Tempario. Fuente: Geosistemas PAVCO.....	68
Tabla 16. Causas de parada propuestas. Fuente: Propia.	69
Tabla 17. Recursos operativos. Fuente: Propia.....	74
Tabla 18. Personal técnico. Fuente: Propia.....	74
Tabla 19. Matriz de evaluación para herramienta. Fuente: Propia.	75
Tabla 20. Cuadro comparativos software para bases de datos. Fuente: Propia.	76
Tabla 21. Comparación de características para hardware de la herramienta. Fuente: Propia.....	77
Tabla 22. Matriz de evaluación para herramienta de hardware. Fuente: Propia.....	78
Tabla 23. Tipificación para abstracción de información de los telares. Fuente: Propia.	87
Tabla 24. Evaluación e indicadores de matriz QFD. Fuente: Propia.....	107
Tabla 25. Calificación de determinantes QFD agrupados. Fuente: Propia.....	108
Tabla 26. Presupuesto. Fuente: Propia.....	110
Tabla 27. Sintetización de costos. Fuente: propia.....	113

Lista de anexos

Reunión con la compañía

Carta de satisfacción PAVCO Wavin

Capacidades calculadas de un mes, Geosistemas PAVCO

Introducción

La investigación tiene como propósito ayudar a las organizaciones a tomar decisiones; se propone un estudio del manejo que dan las empresas a la información obtenida de la maquinaria en tiempo real, tal que se pueda evidenciar las técnicas actuales de recolección, análisis y retroalimentación de los datos obtenidos, dando así, un indicio de cómo es la toma de decisiones inmediata, de esta manera mejorar el rendimiento, calidad, optimización de recurso físico y humano, procesos, mejora de indicadores, entre otras acciones positivas que se buscan con la información obtenida directamente de las máquinas.

A partir de la información y las técnicas de recolección de información en tiempo real, se busca reemplazar los métodos convencionales expuestos al error humano, brindando finalmente datos e información relevante y fundamentada que facilitará la toma de decisiones, trazabilidad y comportamiento de los sistemas productivos. De esta manera será más eficiente, exacto y real el proceso de obtención de información.

Parte considerable de las limitaciones es el acceso a la información empresarial, puntualmente, datos históricos; muchas organizaciones no brindan información acerca de sus procesos y de sus resultados considerados como confidenciales. Sin embargo, queremos demostrar a los empresarios que la información que requieren las empresas para su gestión en tiempo real, de modo que permite que sean más competitivas en un mercado cada vez más complejo en el siglo XXI. Por tanto, el acceso a herramientas de industrias 4.0 y todas aquellas mejoras y ventajas que conlleva la obtención de información en tiempo real, permite a los dirigentes tomar buenas e inmediatas decisiones, así, tendrán interés en adquirir esta herramienta que a bajos costos traerá beneficios considerables, pero sobre todo facilitará la toma de decisiones, optimizando la productividad, contribuyendo a la mejora procesos, disminución de

desperdicios, mermas, tiempos muertos, entre otras dificultades propias de una planta de producción.

Para ello se llevará a cabo el desarrollo de una herramienta física que permita la obtención de datos en tiempo real a costo muy reducido, incluyendo el diagnóstico, desarrollo, diseño y validación de la misma en una compañía manufacturera validando así los aportes y mejoras que provee la herramienta junto con análisis propio de la ingeniería.

Justificación

El internet de las cosas (IoT) ha venido creciendo con rapidez durante los últimos años, generando en diferentes sectores de la economía numerosas aplicaciones, que pueden ser implementadas en cualquier empresa y lugar del mundo. El desarrollo del IoT permite agilizar y dinamizar el control de diferentes procesos; desde el control de la energía del hogar remotamente hasta aplicaciones para dinamizar la industria y la ciudad, en áreas del transporte, salud, energía, logística, medio ambiente entre otros.

Según los resultados del índice global que hace la UIT, en 2017 Colombia se ubicaba para entonces en la posición 84 de 176 países en cuanto al índice de desarrollo de las TIC, una de sus causas, según empresarios y gerentes es la escasa oferta de expertos en tecnología en el país; sin embargo, la demanda en algunos sectores aumentó, lo que impulsó la necesidad de la modernización de los procesos y digitalización de operaciones, pese a ello, no hay quien lo haga, o al menos en la proporción que se cree necesaria.

Los conceptos de industria 4.0 en el sector industrial colombiano se encuentran descritos en el documento “Colombia productiva y sostenible: un propósito de todos”, del Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2018), mencionando como “nueva realidad” la productividad para la definición de nuevos paradigmas de desarrollo territorial y reglas políticas, las tecnologías 4.0 o nueva revolución industrial y el IoT, entre otros adelantos tecnológicos. (Franco, 2019)

Todas las compañías en la actualidad tienen participación y necesidad en temas de tecnología; a este tema se le atribuyen según expertos tres autores, la academia, el gobierno y el sector privado, juntos deben remar al mismo objetivo, hacia el avance de industria competitiva en tecnología; la visión de la industria colombiana es hacerse al poder regional en temas como

este, para lograrlo el cambio debe hacerse desde la academia, con currículos orientados al crecimiento en esta cuestión, desarrollando temas que permitan el adelanto de maneras creativas; los últimos dos gobiernos del país han establecido estrategias donde le dan prioridad en sus planes al tema digital.

Para el desarrollo de esta investigación se juntarán entonces el sector privado y la academia, implementaremos el proyecto en una compañía de plásticos para la elaboración de geotextil tejido como solución para obras civiles. En esta compañía como en muchas otras la documentación de la información de producción puede decirse que se hace de manera arcaica y poco fiable, control de tiempos con alta incertidumbre, necesidad de respaldo y back up de reportes dada la probabilidad de error y variabilidad, entre otros impedimentos de la dependencia de las personas en el registro de datos, lo que puede generar incertidumbre.

Por ello surge la necesidad de un sistema de recolección de datos directo de la maquinaria, a modo de registro de producción que facilite el tema de inventarios, control de producción, exactitud de fin de orden de producción, ERP asertivos, control de mantenimiento programado, entre otros aspectos. Para ello hemos adoptado las industrias 4.0, enfocadas en la interconectividad, automatización, y datos en tiempo real; también conocida como IOT (Internet of things, o Internet de las cosas), o manufactura inteligente y es allí donde queremos llegar, a la integración de la producción y operaciones básicas con tecnología.

El fin último no es únicamente invertir en tecnología y herramientas nuevas sino revolucionar la manera en la que las compañías operan y crecen. Hoy en día muchas sociedades de diferentes tamaños aplican aún con tecnología de la tercera revolución industrial dejando de lado la tecnología análoga y mecánica por una digital con automatización; de esta manera es como operan un gran porcentaje de compañías manufactureras del país.

Para ello nos apoyaremos en indicadores tales como OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total de los Equipos) y KPI (Key Performance Indicator o indicador clave de desempeño), que nos permitirán saber para las empresas en investigación cuáles son los factores pertinentes obteniendo así mayor margen de efectividad y éxito, de esta manera se sintetiza la información sobre eficacia y productividad, vitales en el desarrollo del proyecto dada su aplicabilidad en cualquier área o sector productivo.

Necesitamos cierto tipo de herramientas que nos permitan la recolección de información y tratamiento a datos en masa sin dejar de lado almacenamiento para la respectiva trazabilidad y conocimiento del comportamiento de los datos a lo largo del tiempo; por lo que consideramos varios softwares para comunicación y almacenamiento, con factores tales como capacidad, licencias, costo, y requerimientos de hardware descritos en la metodología.

Debemos tener en cuenta que la implementación de herramientas para la extracción de datos y el tratamiento de la información contribuye a la sostenibilidad dada la disminución casi al 100% del uso de papel; puede aumentar la productividad en términos del conocimiento general del estado de la producción para la toma de decisiones por parte de los encargados de ella o en general de la cadena de abastecimiento, marca la diferencia en competitividad en términos de las optimizaciones derivadas de la toma de decisiones por parte de cada uno de los departamentos, control y conocimiento del estado de la maquinaria y del personal para la mejora y toma de acciones pertinentes, por último en términos de la rentabilidad constituye un factor importante la minimización de costos de cada una de las herramientas para el desarrollo del hardware y la mínima necesidad de licencias de software.

Las compañías verán el beneficio de la implementación en cuanto a la facilidad de la toma de decisiones, contribución a la eficiencia operativa y cadena de valor. Es importante

mencionar que la herramienta no compite con la empleabilidad de una persona, dado que la evolución de las tecnologías permite que progrese la labor de las personas a analistas de toda la información obtenida, enfoque del personal netamente operativo a la precisa atención de la maquinaria o al ingreso puntual de información cualitativa en caso de ser necesario. Domingo y Doménech (2018) en su trabajo sobre el futuro del trabajo, mencionan que se evidencia en todas las revoluciones industriales anteriores, que a medida que la industria avanza, también lo hace positivamente la calidad de vida y el bienestar de las personas, además del consumo y la demanda de trabajo.

Por otra parte, la no obtención de información impide una óptima gestión de recursos humanos, maquinaria, medio, métodos no actualizados y poco flexibles, en cuanto al conocimiento de lo que sucede en su lugar de trabajo.

SISTEMATIZACIÓN DE DATOS DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO CON MIRAS AL CRECIMIENTO 4.0, EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE COMUNICACIÓN MÓVIL

1. GENERALIDADES

1.1. PROBLEMA

Descripción.

Debido a la globalización y al avance que se ha presentado en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se ha dado una transformación en las formas de funcionar de las organizaciones, es importante tener en cuenta que estos modos de trabajar están muy ligados a las industrias 4.0 por sistemas como el internet y la digitalización de los procesos. Por ende, es importante tener en cuenta que Colombia y América Latina aún no están preparadas para dar respuestas a las tendencias que se presentan en las industrias 4.0.

Desde marzo del presente año la problemática sanitaria ha causado una revolución virtual mundial, además de aceleración en la reducción de costos del personal en cuanto a las empresas y por ende modificación de infraestructura por parte del ordenamiento territorial de las ciudades más caóticas y habitadas. El COVID-19 como pandemia, ha obligado a que muchas personas trabajen desde casa, con el fin de evitar que estas se desplacen hasta sus lugares de trabajo, así reducir los focos de contagio en aglomeraciones.

En Bogotá muchas de las empresas han visto esta situación como una oportunidad de reducir sus gastos de infraestructura, sin embargo, otras han tenido que cerrar, pues algunos sectores de la industria han estado detenidos ya que los insumos importantes en este momento están destinados en la producción de artículos de primera necesidad. Ahora bien, las industrias

que han seguido han sido empujadas a reducir el personal en planta, para disminuir las posibilidades de contagios y sobre todo para poder cumplir con los protocolos de bioseguridad.

Automatizar las plantas en este momento, quizás no es la primera necesidad, pero si es llamativo cualquier tipo de ayuda que permita que únicamente el personal directamente implicado en la manipulación de las maquinas esté presente, por ende, muchos se han puesto en la tarea de mejorar su tecnología y moldear sus procesos a la nueva situación, reinventándose y adaptándose; como resultado se ha evidenciado una inapropiada preparación y planeación ante estas situaciones, el reto ahora es la búsqueda de herramientas que permitan mejorar la situación, facilitar la vida de las personas y evitar complicaciones sanitarias al interior de las compañías.

En el marco del 64° Congreso Nacional Mipyme 2019 de Acopi se mencionó que aproximadamente el 96% del tejido empresarial colombiano corresponde a las Pymes, aportando 40% al PIB, generan más de 17 millones de empleos y representan el 9,8% de las exportaciones. No obstante, tienen inconvenientes en cuanto a la inversión en tecnología, software, actualizaciones, entre otros.

La inversión en tecnología no debe ser vista únicamente como innovación sino en el sentido de solución a una dificultad, de modo que cualquier solución debe estar ideada bajo esta premisa, permitiendo la asequibilidad por parte de empresas con recursos limitados y puntuales; es decir, una solución económica, practica, de fácil manejo y lectura.

La documentación en las compañías hoy en día aún se da de manera manual, otorgada generalmente al supervisor de planta o al operador de la maquinaria, lo que da paso a la interpretación y ajuste de los hechos, por consiguiente, a la subjetividad, en algunos casos otra persona es la encargada de documentar estos datos de manera formal y otra es la encargada de la

lectura de ello como indicadores. Algunas compañías invierten en sistemas ERP, tales como SAP, Microsoft Dynamic Oracle, INFOR, QAD, etc., que en algunos casos suele ser subutilizado o tienen limitaciones como alto costo de mantenimiento y capacitación, ambiente poco amigable, entre otros, además de no proporcionar información en tiempo real, y necesitar la intervención de muchas personas para poder ser alimentado.

La información caótica, mal interpretada, mal documentada, y los datos omitidos, generan baches y efecto látigo en cuanto a la información registrada y lo ocurrido en la realidad, dificultan la labor de toma de decisiones por parte de los departamentos de ingeniería, producción, planeación, logística, entre otros; surge entonces la necesidad de una herramienta que permita la extracción directa de información y datos de la maquinaria, tanto como su visualización en tiempo real que permita la toma de decisiones sobre la marcha, inmediata, así mismo el control de la producción y los recursos humanos, tecnológicos, materia prima, tiempo, ambiente, entre otros.

El conocimiento de ello como indicadores reales le permite al empresario planear su producción, mantenimiento, gestión de recursos entre otros aspectos de la cadena de abastecimiento.

Formulación.

¿En qué medida la implementación de herramientas de industrias de cuarta generación mejora la toma de decisiones tomando como base los indicadores de OEE y KPI en las compañías? De manera que sistematizando resulta:

- ¿La implementación de tecnología aumenta los indicadores?
- ¿Las industrias 4.0 implican sobrecostos en las compañías?

- ¿Los indicadores OEE son realmente útiles para la toma de decisiones en las compañías del siglo XXI?

1.2. OBJETIVOS

Objetivo General.

Sistematizar datos de producción y mantenimiento con miras al crecimiento 4.0 empleando herramientas de comunicación móvil.

Objetivos Específicos.

- Realizar un estudio, caracterización y definición de los indicadores de gestión de una empresa del sector geotextil para mejorar procesos de producción y mantenimiento.
- Establecer las herramientas que permiten un monitoreo permanente de los procesos de producción y mantenimiento.
- Desarrollar la herramienta que permita el monitoreo de indicadores de procesos de producción y mantenimiento a través de dispositivos IoT y bases de datos.
- Evaluar la funcionalidad de la aplicación, por medio de la medición de los indicadores OEE y KPI, haciendo uso de la herramienta.

1.3. DELIMITACIÓN O ALCANCE

El proyecto está delimitado en cuatro etapas: Diagnóstico de procesos e indicadores de la compañía en cuestión, desarrollo de la herramienta, diseño del monitoreo de indicadores, por último, la validación de la mejoría del proceso luego de la implementación de la herramienta. Esta es más útil en sistemas de producción, más que en servicios dada la naturaleza del diseño de abstracción de información.

Por lo tanto, en esta investigación se plantea el estudio para una planta de producción de geotextil tejido. El tiempo requerido para llevar a cabo el proyecto exitosamente y a cabalidad es

de aproximadamente 21 semanas, donde se contemplarán cada una de las etapas antes planteadas, incluyendo una etapa de diagnóstico y análisis del sistema productivo puntualmente.

El alcance de la herramienta parte de la extracción directa de información de la máquina, almacenamiento, acceso por dirección IP a la base de datos y análisis mediante Excel con herramientas tales como tablas dinámicas o dashboards; en una próxima etapa se propone el almacenamiento y extracción de estos datos a través de la nube para poder ser visualizado el estado de la planta o maquinaria desde cualquier lugar del mundo.

1.4. METODOLOGIA

La meta es establecer un sistema y objeto que logre medir el OEE de una máquina sin necesidad de mucha instrumentación, para ello inicialmente es necesaria una investigación que dé sustento teórico al diseño de la herramienta.

Luego de nutrir la investigación de manera teórica se requerirán algunos conocimientos básicos de programación, adquisición de datos y comunicación de los mismos, junto a los cálculos requeridos para el OEE y KPI.

Para la verificación del funcionamiento de la herramienta requerimos un sector industrial a investigar, una empresa que permita el acceso a la información, para poder medir los indicadores planteados (KPI, disponibles en la Tabla 11. Indicadores del caso. Fuente: Propia, basada en información de Geosistemas PAVCO Wavin.). Posteriormente diseñar un método de adquisición de información que proporcione apoyo al diagnóstico.

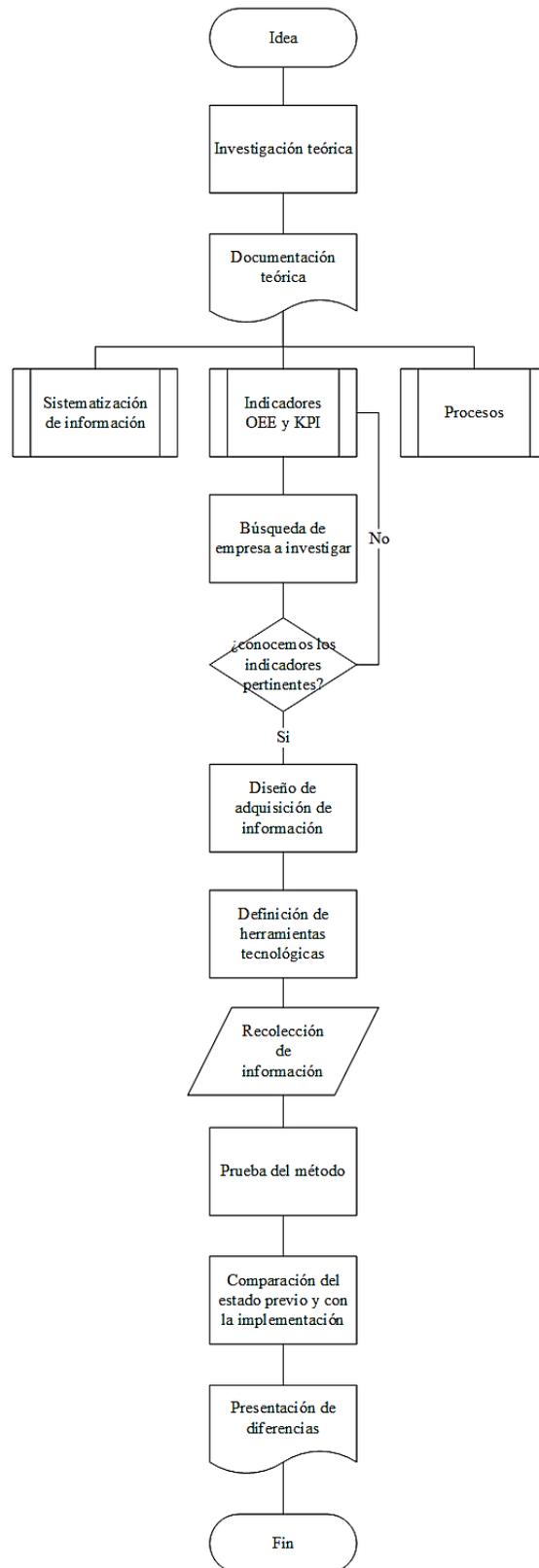
Requerimos definir el tipo de software a utilizar, con características como: capacidad de almacenamiento y tratamiento de datos, rapidez de la interfaz, permisos y licencias; este paso nos permitirá el desarrollo de la herramienta y su implementación. Luego de testeos prácticos de ser

posible hacer una comparación en los indicadores antes y después de la puesta en marcha de la herramienta.

La herramienta consiste en un Arduino conectado a una serie de sensores que permitan la recolección de información de manera precisa y objetiva, ya sean ópticos, inductivos, capacitivos, térmicos, magnéticos, de escala, entre otros, según sea la necesidad. Luego, a través de un módulo de transmisión tipo WI-FI ceder la información a un dispositivo de almacenamiento, y allí guardando la información, permitirá la trazabilidad, y acceso de todas las partes interesadas.

Con una estructura dirigida a la disponibilidad de la máquina para la programación en sentido de la producción, respecto a los niveles de confianza que brindan cada uno de los equipos dadas sus condiciones; alineado a los objetivos operativos y direccionales en sincronía de los procesos y metas.

Diagrama 1. Diagrama de flujo, metodología. Fuente: Propia.



1.5. MARCO HISTÓRICO

1.5.1. El sector económico del geotextil.

El proyecto será desarrollado en una empresa del sector plástico, cuya clasificación respecto al CIIU (DANE, 2020) para el reordenamiento de actividades y la estructura detallada de todos los niveles jerárquicos, de modo que se establezca una clasificación uniforme de las actividades económicas; en este caso la empresa no corresponde a un sector auxiliar, por lo que se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 1. CIIU Mexichem. Fuente: Propia.

Sección	División	Grupo	Clase	Descripción de la clase	Proporción de valor agregado (%)
C	13	131	1311	Preparación e hilatura de fibras textiles	18%
			1312	Preparación, hilatura, tejeduría y acabado de productos textiles	7%
			1313	Acabado de productos textiles	5%
	139	1392	Confección de artículos con materiales textiles, excepto prendas de vestir	20%	
	22	222	2229	Fabricación de artículos de plástico n.c.p.	20%
F	42	421	4210	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril	6%
		422	4220	Construcción de proyectos de servicio público	9%
		429	4290	Construcción de otras obras de ingeniería civil	15%

La empresa pertenece al sector de materiales de construcción, según (Procolombia, 2018) “en los próximos 5 años, el sector de la construcción crecerá a un promedio de 5%, ubicándose como uno de los sectores que conducirán el crecimiento del país.” Y la proyección a 2025 indica que “De acuerdo con cálculos de Asogravas, se estima que la producción de materiales de construcción pase de 160 millones de toneladas a 320 millones”, puntualmente sobre la

compañía en caso mencionan que “Compañías como Sint Gobain, **Mexichem** y Cemex han elegido Colombia como su destino de inversión”.

1.5.2. Transformación Productiva.

De acuerdo al artículo “Situación de la competitividad de las Pyme en Colombia: elementos actuales y retos” (A. Montoya et al., 2010) logramos destacar lo siguiente:

“El desempeño depende en especial de los indicadores sobre los que es medido el país y de los cuales acata directamente el enfoque macroeconómico las características gubernamentales y los planes de gobierno, los planes de desarrollo y por supuesto, su ejecución. De igual forma, el componente microeconómico será vital para entender el fortalecimiento de las empresas, especialmente en tres indicadores: su capacidad de integrarse, su capacidad de innovar y su flexibilidad para adaptarse a los mercados y desarrollar productos que puedan encontrar su nicho.

De acuerdo a los resultados obtenidos estadísticamente evidenciando el estado en Colombia frente a la competitividad de las PYMES en Colombia, El Consejo Privado de Competitividad de Colombia (CPC) propone ocho frentes que permitirán conseguir las metas de largo plazo:

1. Formalización: La informalidad, tanto laboral como empresarial, en Colombia supera el 55% y no se han logrado reducciones sustanciales en los últimos años. Así mismo, se establece que los costos laborales no salariales en Colombia ascienden al 58%, cifra que debe reducirse para disminuir los incentivos de ser informal. El CPC propone impulsar una ley pro formalización para que de manera transversal simplifique y reduzca sustancialmente las obligaciones tributarias, laborales y contables a las Pyme en sus tres primeros años de existencia.

2. Ciencia, tecnología e innovación: En Colombia los insumos necesarios para innovar son escasos, lo que hace evidente que la innovación en el país requiere un ambiente más favorable para el emprendimiento productivo, en particular, capacidad de absorción tecnológica y disponibilidad de capital de riesgo. Con este propósito es indispensable revertir la tendencia decreciente que en la última década presenta el presupuesto destinado a Colciencias.

3. Infraestructura, transporte y logística: Una de las principales restricciones al crecimiento económico de Colombia es el rezago en infraestructura vial, no solo por los atrasos, sino también por la ineficiencia en los procesos aduaneros y la falta de una industria competitiva de servicios de logística. Es urgente el fortalecimiento institucional del sector creando una Comisión de Regulación que, tal como ocurrió en el sector eléctrico, gracias a la estabilidad y una adecuada regulación, logre atraer la inversión local y extranjera en las cuantías requeridas.

4. Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC): Este sector presentó un crecimiento de 6,4%, tasa de crecimiento representativa entre 2002 y 2008. Sin embargo, aún existe una brecha digital en el acceso a bienes y servicios relacionados con TIC, lo que hace necesario focalizar políticas que permeen los beneficios de estos servicios. Una de las propuestas que presenta el CPC está dirigida a ampliar los niveles de bancarización a través de banca móvil y a reducir significativamente los elevados costos de acceso a la banda ancha, que impide su masificación en las Pyme y en los hogares de estrato medio.

5. Educación: La cobertura de educación preescolar en Colombia es la más baja de los países de referencia, hecho que limita de entrada el desarrollo de la capacidad de aprendizaje de los niños. La alta prevalencia de anemia en menores de cinco años y

mujeres embarazadas en Colombia preocupa por su relación con retrasos en el desempeño intelectual, baja productividad y bajo desarrollo económico y social de las personas.

6. Bancarización y asignación eficiente del ahorro: El sistema financiero colombiano se ha fortalecido y mantenido un crecimiento destacable durante los últimos dos años, al lograr avances sustanciales en los indicadores de bancarización, el crédito, los activos y el mercado de capitales. Los retos se concentran en ampliar el acceso al crédito a las Pyme y mantener la dinámica de colocación de bonos privados en el mercado.

7. Sistema tributario: Las tarifas de los impuestos corporativos y de los procedimientos tributarios (más engorrosos) continúan siendo considerablemente más altas en Colombia que en el promedio mundial. A pesar de que Colombia ha avanzado significativamente en materia de simplificación y acceso al sistema tributario nacional, todavía hay mucho camino por recorrer. El sistema tributario colombiano continúa generando distorsiones por concepto de tratos preferenciales y sobrecargas tributarias.

8. Justicia: Pese al aumento de los recursos públicos dirigidos al sector, el tiempo y los costos incurridos para hacer cumplir un contrato continúan obstaculizando la competitividad del país. Aunque la productividad media por juez ha mejorado en los últimos dos años, esta última todavía no es suficiente para satisfacer la demanda de justicia que existe en el país. Es fundamental implementar la oralidad en el régimen civil y comercial, un procedimiento expedito para las pequeñas causas y los ejecutivos hipotecarios". (A. Montoya et al., 2010)

La idea de la competitividad como el elemento fundamental de desarrollo tanto de las empresas como de los sectores y los países. Existe consenso en cuanto a que no se ha logrado

determinar una única definición de competitividad; lo que sí se encuentra en la bibliografía es que este es un concepto integral que involucra el nivel micro, meso, meta y macro. De igual forma se pudo establecer que debido a la importancia en la composición empresarial, la pequeña y mediana empresa se consolidan como una posibilidad de mejoramiento de la competitividad, y por ello deben desarrollarse las condiciones internas de las empresas con el fin de generar un contexto político y económico en el cual las mismas puedan perfeccionarse y superar las dificultades que su tamaño trae.

1.5.3. La organización S.A.

Mexichem Colombia pertenece al grupo Orbia Advance Corporation S.A.B. de C.V. compañía mexicana involucrada en varias industrias, como en construcción e infraestructura, comunicaciones de datos, riego, productos químicos entre otros. Opera en más de 40 países del mundo, con más de 22,000 empleados.

“Multinacional líder en la provisión de productos y soluciones para los sectores de la petroquímica, construcción, infraestructura, agricultura, salud, transporte, telecomunicaciones y energía, entre otros. Es uno de los productores más grandes de tuberías y conexiones plásticas y una de las compañías petroquímicas más fuertes de América Latina, conformada por cuatro grupos de negocio: Vinyl, Fluent, Flúor y Energy. El negocio de Mexichem Fluent, conformado por PAVCO, Geosistemas PAVCO y Colpozos, con plantas en Bogotá, Barranquilla, Cali y Guachené, se enfoca en sistemas de conducción de agua potable y soluciones para alcantarillado, recolección de aguas lluvia, irrigación, energía, telecomunicaciones y conducción de gas; además de la producción de geosintéticos que apoyan la construcción de vías, túneles, reservorios y barreras para suelos. La cultura de trabajo en las operaciones de Mexichem articula los

aspectos económicos, sociales y ambientales, publicando su accionar en el reporte de sustentabilidad. Este compromiso con la sustentabilidad le permitió a Pavco adherirse a Pacto Global en 2009 y alinear sus estrategias con los diez principios universalmente aceptados, publicando por quinto año consecutivo el Informe de Progreso.” (Wavin, n.d.)

1.5.4. Antecedentes.

La convergencia de las tecnologías de la información con ayuda de la sensórica y la robótica están transformando la internet tradicional (información y personas) en internet de las cosas (IoT). Este nuevo escenario aplicado a la industria ha creado un impacto disruptivo, abriendo un escenario de enormes oportunidades basado en el aprovechamiento de la informática. El término industria 4.0 se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación, apoyado y hecho posible por las tecnologías de la información.(Luis & Román, n.d.)

No obstante, la industria está en constante transformación, las necesidades del cliente han cambiado, los nuevos mercados se basan en la personalización y la creación de nuevos productos y servicios innovadores. Los clientes exigen calidad a sus productos, están dispuestos a pagar por la experiencia o el servicio más que por el producto. Por ello, es una necesidad añadir al producto servicios nuevos, experiencia individualizada, capacidad de actualización; consecuencias de la implementación de la informática en los sistemas (software y conectividad) y/o a cualquier producto en el desarrollo o resultado.

Ahora bien, la toma de decisiones está presente a diario en cualquier entorno productivo, los empresarios velan por aquellas disposiciones que traigan mayores beneficios a sus compañías y que generen menor costo e impacto ambiental. De modo que, todas las empresas recurren al uso de indicadores, estas métricas son la base sobre la cual se controlan los procesos de mejora

continua en la fabricación, los responsables de las empresas logran así el monitoreo, para así saber si se están cumpliendo las metas que las acerquen al objetivo final. Ello también les permitirá tomar decisiones de manera más ágil y efectiva (Ferrés Prats & Piscitelli, 2012); Kaplan y Norton enfatizan la necesidad de establecer relaciones causa efecto entre indicadores, que puedan ser validadas: Una estrategia es un conjunto de hipótesis sobre las relaciones causa-efecto.

Un cuadro de mando adecuadamente construido debe contar la historia de la unidad de negocios a través de una secuencia de relaciones causa-efecto. El sistema de indicadores debe hacer que las relaciones (hipótesis) entre los objetivos (e indicadores) en las diversas perspectivas sean explícitas a fin de que puedan ser gestionadas y convalidadas. Debería identificar y hacer manifiesta la secuencia de hipótesis sobre las relaciones de causa y efecto entre los indicadores y resultados y los incitadores de la actuación de esos resultados (Bejarano Soto, 2007).

El uso de software y de tecnología proporcionan ventajas que se verán implementadas según el sector y empresa al que se apliquen gracias a su alto grado de flexibilidad además de una serie de beneficios genéricos: mejora del acceso a toda la información de una planta, permite solucionar fallos o mejorar procesos, ascenso de la coordinación entre departamentos, cede a la elaboración de mejores respuestas y estrategias, reducción de costes de toda actividad empresarial. (Sevilla, n.d.)

Es un considerable obstáculo en la manufactura la tardía visualización de los resultados de cada decisión tomada, con un bache considerable entre la información real con la registrada por los operadores en los diferentes sistemas de consolidación de información. Nuestra estrategia, es acercar la tecnología a todas aquellas compañías que requieran, sin una sofisticada

instrumentación de sus ya existentes máquinas, con la facilidad de acceder a gran parte de los beneficios del internet de las cosas, sobre todo el acceso a la información en tiempo real así lograr toma de decisiones asertiva y acorde al momento que pase la empresa en cuestión en cuanto a su departamento de producción o en una línea específica del sistema.

Las posibles limitaciones se localizan en: la obtención de información, los empresarios mantienen con bastante confidencialidad sus datos históricos acerca de la producción, permitir la implementación y evaluación de la herramienta por alteraciones a la maquinaria, resistencia al cambio, aspectos del cambio de tecnología en una compañía que implican: falta de adaptación a nuevos métodos, mayor costo de inversión, dependencia tecnológica u obsolescencia de la misma; por último, con respecto al motor financiero del modelo, dado que los estudiantes somos quienes patrocinamos el proyecto en su totalidad.

1.6 MARCO TEÓRICO

El estado del arte que aquí se realiza se agrupa en dos tipos: el primero es los métodos usados en la actualidad para la medición del OEE en las compañías y el segundo de investigaciones que se han realizado acerca de los OEE.

1.6.1 Balanced Scorecard (Tablero de control).

El Balanced Scorecard o Cuadro de Mando Integral es un modelo que se convierte en una herramienta muy útil para la gestión estratégica. Se basa en la definición de objetivos estratégicos, indicadores e iniciativas estratégicas, estableciendo las relaciones causa efecto a través del mapa estratégico en cuatro perspectivas base; financiera, clientes, procesos internos y aprendizaje-crecimiento, es decir traduce la estrategia en objetivos directamente relacionados y que serán medidos a través de indicadores, alineados a iniciativas. El éxito en la implementación del BSC es la participación de personas de diferentes niveles y áreas de la organización, (Matturro et al., 2007).

“El Balanced Scorecard como herramienta de evaluación en la gestión administrativa”

(C. A. Montoya, 2011). El Balanced Scorecard como herramienta de evaluación en la gestión administrativa. Escuela Interamericana de Bibliotecología, Medellín – Colombia. Revista Científica "Visión de Futuro", vol. 15, núm. 2, julio-diciembre, 2011 Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

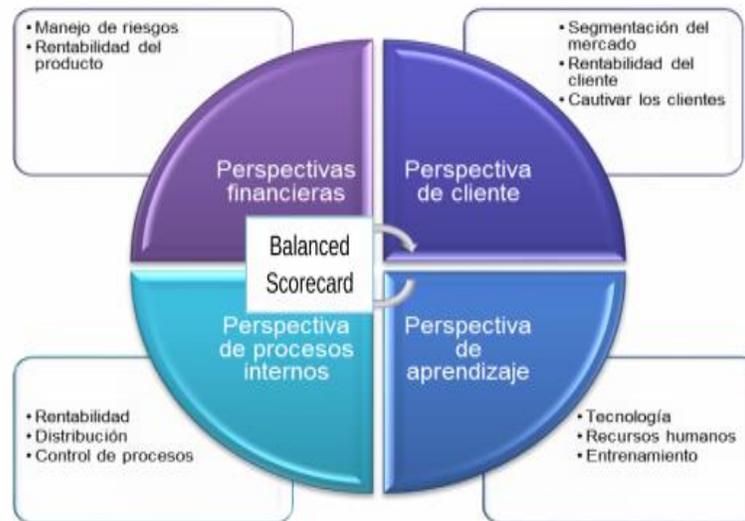
DESARROLLO: “El Balanced Scorecard no se originó de los conceptos de la administración estratégica”, sino que nace por los norteamericanos Robert Kaplan y David Norton, con la idea de diseñar una estrategia que posibilitara una medición de la satisfacción del cliente final. Esta estrategia consta de cuatro indicadores: Cliente, Negocio interno, Innovación y aprendizaje, Perspectiva financiera. Con el Balanced Scorecard la organización se verá obligada a realizar una redefinición de sus estándares en tal sentido que puedan ajustarse a las necesidades de los clientes, ya que éste sistema de gerencia suple ese vacío existente en la mayoría de los sistemas de gestión por la ausencia de un proceso sistémico para poner en práctica y con ello establecer un proceso de comunicación o feedback sobre la misma estrategia; es por lo anterior que Ricardo Martínez argumenta que: “los procesos de gestión alrededor del Balanced Scorecard permiten que la organización se equipare y se centre en la puesta en práctica de la estrategia a largo plazo. Utilizando de este modo, el Balanced Scorecard se convierte en la base para gestionar las organizaciones de la era de la información.”

PERSPECTIVAS: La herramienta del Balanced Scorecard parte tanto de la visión, como de la estrategia empresarial. A partir de esto, se desarrollan los objetivos financieros necesarios para alcanzar la visión establecida, que a su vez se ha de convertir en el mecanismo y estrategia que regirá los resultados con los clientes. Ahora bien, los procesos internos son planificados para la satisfacción tanto de los clientes como de los aspectos financieros. Por otro lado, tal

metodología reconoce que tanto el aprendizaje como el crecimiento proviene de la plataforma donde reposa todo el sistema y donde se hace la definición de los objetivos propuestos para tal perspectiva.

RESULTADOS:

Ilustración 1. Utilidad del balanced score card. Fuente: Kaplan, R.; Norton, D. (2009)



Fuente: Kaplan, R.; Norton, D. (2009). Cuadro de manto integral: the Balanced Scorecard. p. 22

CONCLUSIONES: La herramienta del Balanced Scorecard es mucho más que una moda, puesto que ésta les permite a los diferentes niveles de la dirección empresarial poder enfocarse hacia los niveles críticos de la organización. Hoy se habla continuamente de competitividad, servicio, rentabilidad, estrategia, proyectos, mercadeo, benchmarking, outsourcing, gestión financiera, calidad, cultura organizacional, comunicación organizacional, reingeniería, entre otros y esa gran cantidad de información cada vez más extensiva y depurada llega como propuesta única y salvadora que asegura grandes soluciones organizacionales, provocando un gran caos y confusión a la hora de adoptar cualquiera de ellos, es por ello que se presenta el Balanced Scorecard como herramienta para el desarrollo empresarial.

1.6.2 Medición del OEE.

Actualmente las empresas están optando por el mejoramiento continuo, debido a las exigencias del mercado y la difícil competencia, por ello la adopción de nuevas estrategias para continuar con altos niveles competitivos se hace imprescindible, y una de ellas es el sistema de indicadores OEE, que permite alcanzar las metas productivas propuestas por las industrias, brindando la información necesaria para la toma de decisiones en la empresa. (Carlos et al., 2012).

“Mejoramiento del OEE en la Línea de Producción siguiendo la Metodología Seis Sigma + Lean.”

(González et al., 2015). Mejoramiento del OEE en la Línea de Producción siguiendo la Metodología Seis Sigma + Lean. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, México. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, 2-3: 168-18.

OBJETIVO: Reducir tiempos de producción, productos defectuosos o reprocesados y aumentar tiempos de funcionamiento de líneas de producción, con la aplicación del seis sigma + Lean.

MUESTRA: Productos Químicos Naturales S. A. (PROQUINA), dicho estudio se llevó a cabo de enero a noviembre de 2014.

OEE: Se centran en cómo Lean y Seis Sigma logran un mejoramiento del OEE en la línea de producción en un 40% en la empresa.

MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL OEE: Seis Sigma + Lean es la combinación de herramientas, técnicas y principios de Seis Sigma (calidad) y Lean Manufacturing (velocidad). Lean se concentra en eliminar aquellas actividades que no agregan valor en la organización y Seis Sigma en reducir la variación en el proceso, llamadas desperdicios, ambas permiten reducir

los defectos en cualquier proceso, de ese modo se mejora la calidad de los productos para los consumidores.

RESULTADOS: Se evidencia toma de datos de máquina en cuanto a producción se refiere, así como del material reprocesado, paradas por cambios de líneas, mantenimiento de máquinas y los productos que salen defectuosos; realizándose comparaciones en el tiempo, antes de haberse aplicado el método y luego de esto.

CONCLUSIONES: En esta investigación se ha presentado como la metodología Seis Sigma + Lean nos muestra un método de solución de problemas organizado y sistemático para la mejora estratégica del sistema. Agregando datos y resultados que cumplieron con los objetivos de la investigación.

1.6.3 Indicadores en mantenimiento.

Determinar las causas de falla en una fábrica permite la elaboración de planes de mantenimiento asertivos, periódicos, planeados; orientados la necesidad y capacidad de atención real.

“Desarrollo de un estándar de comunicación electrónico para la supervisión y control del desempeño dentro del sistema de producción SISAMEX”

(Arzate Otero, 2015). Desarrollo de un estándar de comunicación electrónico para la supervisión y control del desempeño dentro del sistema de producción SISAMEX. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Proyecto aspirante Maestría.

OBJETIVO: Coordinar la implementación de una prueba piloto para las áreas de Ensamble, Ejes y Maquinados Carcasas, así como evaluar los indicadores clave del desempeño y proponer mejoras dentro de estos procesos productivos.

MUESTRA: La investigación se llevará a cabo dentro de una organización del sector automotriz dedicada a la fabricación de componentes para vehículos pesados.

OEE: El objetivo del OEE, es medir la eficiencia de los equipos tomando en cuenta las pérdidas que se producen en los sistemas productivos. Para realizar el cálculo del OEE es necesario una toma de datos, que evalúan el sistema productivo en tres medidas de desempeño. Porcentaje de disponibilidad, es decir, “Máquina trabajando o máquina parada”. Porcentaje de rendimiento, es decir, “Se está trabajando a la capacidad máxima”. Porcentaje de calidad, es decir, “Se está trabajando de acuerdo a los estándares”. La correcta evaluación de estos tres sectores permite visualizar de forma ponderada los factores que disminuyen la capacidad en los sistemas productivos.

RESULTADOS: Al llevar a cabo la implementación en piso de las pruebas piloto, como principal obstáculo a vencer fue el tiempo para realizar juntas con el equipo de trabajo, en primera instancia para dar a conocer el alcance de la prueba piloto, seguido de esto un proceso continuo de reuniones para determinar las causas y razones de paro de cada una de las áreas críticas del proceso que se está evaluando con el monitoreo en tiempo real. Para finalmente obtener los criterios de alarmas para cada una de las áreas críticas.

Dentro de la organización se evalúan 6 áreas críticas: Mantenimiento, Calidad, Producción, Tool, Procesos, Seguridad, Materiales.

Cada una de ellas determina las razones por las cuales se generan los paros no programados durante la producción diaria. Cumpliendo con uno de los objetivos el cual fue, determinar no más de 30 razones de paro y a partir de esto detonar las alarmas que permitirán al grupo de trabajo y encargados de las áreas críticas llegar a piso con una idea clara del porqué se

presentó un paro. Logrando con esto el cumplimiento de las metas del día o bien obtener las causas para realización de análisis posteriores y a profundidad.

CONCLUSIONES: Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real, permite obtener la información adecuada en el momento preciso para la toma de decisiones y una serie de ventajas a toda la organización tales como la posibilidad de observar problemas que antes no se tenían claros, mejora de la capacidad de reacción ante las contingencias, se pueden observar tendencias en las áreas productivas.

1.6.4 OEE en procesos productivos.

Las industrias siempre se encuentran ante un nuevo escenario económico, en el que situaciones como la liberación comercial y la revolución tecnológica en los procesos productivos han provocado un clima más competitivo. En un proceso de producción se pueden observar distintas líneas de proceso, las cuales elaboran una gran variedad de productos requeridos por el mercado durante el tiempo que se requieran y de los estándares de calidad correspondientes. Por ello, hoy en día, no basta sólo con optar por nuevos sistemas de producción o herramientas para optimizar procesos, sino que también es importante utilizar indicadores que nos ayuden a un adecuado y efectivo funcionamiento desde el punto de vista de las máquinas industriales utilizadas en la elaboración de los productos, así reducir el aumento considerado de costos por pérdidas de tiempo de producción, eliminación de desechos, atrasos en las entregas, entre otros.

“HACIENDO MÁS EFICIENTES LOS PROCESOS PRODUCTIVOS. Los indicadores de eficiencia de los procesos hacia la competitividad y el futuro.”

(Fucci, Tomás A. R., 2016) Haciendo más eficientes los procesos productivos. Los indicadores de eficiencia de los procesos hacia la competitividad y el futuro. Revista del Departamento de Ciencias Sociales, Vol. 3 Nro. 3:74-107. Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina.

OBJETIVO: Demostrar que el control de indicadores, en especial OEE, mejoran la eficiencia de una máquina, línea de producción, varias de ellas o todo el sistema productivo de una empresa.

MUESTRA: Este trabajo hace referencia a útiles indicadores de la eficiencia de una máquina, una línea de producción, varias de ellas o todo el sistema productivo de una empresa.

OEE: La serie de indicadores ayudan al proyecto a ubicarse en la situación actual, hacer evidente la composición de las pérdidas de eficiencia, guiar en su acción a los equipos de mejora, priorizar líneas de actuación y controlar la medida del progreso de mejora.

Como ya se mencionó, para hacer evidentes las mejoras es necesario emplear indicadores consistiendo en una relación entre variables cuantitativas o cualitativas, que permiten observar la situación y las tendencias de la situación observada, respecto a objetivos definidos. Permiten medir cambios debidos al paso del tiempo, así como analizar resultados y efectuar el seguimiento y la evaluación de esos resultados.

RESULTADOS: El principal indicador analizado OEE (TRS) o en su caso, el TRG, debe ser calculado sobre intervalos de tiempos importantes para que se puedan apreciar las evoluciones del sistema productivo y para que la muestra estadística sea lo suficientemente representativa y no aplicarlos a tiempos cortos como en el caso del ejemplo expuesto, en el cual solamente se tomó el trabajo de un día, aunque es bueno conocerlo día a día.

CONCLUSIONES: No están de acuerdo en que un OEE elevado demuestre una excelente competitividad tal como se señala en la clasificación de las empresas de clase mundial. Un indicador elevado es necesario, pero no es suficiente para afirmar que se es competitivo. De poco valdría la eficiencia en la producción si por ejemplo la gestión de abastecimiento es deficiente, la

administración de los inventarios no es la adecuada, la logística de distribución demuestra falta de idoneidad, la gestión administrativa es una carga, la atención al cliente es mala o la energía se utiliza sin control, entre otras causas. Difiriendo con la mención que efectúa el Instituto Kaizen en el sentido que un elevado OEE otorga, como uno de los beneficios, la “entrega justo a tiempo para el cliente”, hecho que depende entre otras cosas, de lo mencionado recientemente y de la aplicación precisa de la filosofía del JIT que comienza con los proveedores, pasa por los cambios logísticos internos, por la cultura de trabajo y culmina con los clientes y no solamente cuando la producción se encuentra para despacho.

1.7 MARCO LEGAL

1.7.1 Normatividad general

Leyes.

- Ley 178 de 1994 “Por medio de la cual se aprueba el "Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial".
- Algunos ítems pertenecientes a la Ley 842 de 2003 Por la cual se modifica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, se adopta el Código de Ética Profesional y se dictan otras disposiciones.
- LEY 1341 de 30 de julio de 2009, por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –TIC–, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones.

Decretos.

- Decreto 2150 de 1995 sobre sistemas electrónicos, de 5 de diciembre de 1995, que busca la simplificación de trámites ante Entidades Estatales. (Diario Oficial 42.137, del 6 de diciembre de 1995).
- Decreto 600 de 14 de marzo de 2003, por medio del cual se expiden normas sobre los servicios de valor agregado y telemáticos y se reglamenta el Decreto-ley 1900 de 1990.

Resoluciones.

- Resolución 307/2000, de 2 de octubre de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones, por la cual se promueve el acceso a Internet a través de planes tarifarios para el servicio de TPBCL y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 1455/2003 de 5 de septiembre, del Ministerio de Comunicaciones, por medio de la cual se regula la administración de registros del dominio .co

Decisiones.

- Decisión 486 de 2000 de la C.A.N. RÉGIMEN COMÚN SOBRE PROPIEDAD INDUSTRIAL

1.7.2 Normas técnicas.

- ISO 9004 de Gestión para el éxito sostenido de una organización.
- ISO 45001 Seguridad y salud en el trabajo.
- ISO 9001 Sistema de Gestión de la Calidad.
- ISO 27001 Sistema de Gestión de seguridad de la información.

2 EL CASO: SISTEMA DE PRODUCCIÓN GEOTEXTIL

2.1 ACERCAMIENTO

La compañía en estudio es Pavco-Wavin, perteneciente al grupo Orbia en su planta de producción de Bogotá en la sección/planta de Geosistemas, en la maquinaria perteneciente a tejidos más específicamente en un telar plano; su sistema de producción es bajo pedido.

Su sistema productivo es en línea, por lo que muchas personas están inmersas en el compromiso de una orden de producción, en un flujo continuo, sus fases son, extrusión de cinta (trama y urdimbre), enconado, urdido, tejido, empaque y entrega del pedido; conocer las condiciones de la cinta en la extrusión y el urdido es más fácil dadas las condiciones de la maquinaria, sin embargo las señales de los telares son más reducidas, únicamente hay alertas en luces de balizamiento de reviente de trama y urdimbre o falla mecánica, adicional a ello la cantidad de telares es mucho mayor a las otras dos máquinas mencionadas por lo que la atención por operario es mucho mayor y más aún para el personal mecánico/eléctrico en cada uno de ellos.

En cuanto a la documentación de la información se hace de manera manual, con un sistema de registro de anudado de carretes para el cambio de referencia, lo que permite el inventario de material en proceso y de producto terminado, sin embargo, en ocasiones resulta inexacto y difícil de realizar, sobre todo en el cálculo de material montado en la máquina. Por otra parte, el registro de producción se da turno a turno a través de los cuenta metros, que registran el producto final lineal metro a metro, de esta manera se registran en formatos de producción establecidos los metros entregados al siguiente operador hasta entregar el rollo acordado por lo general en 102, 112, 142, 162, 540 o 1.080 metros, los tiempos de falla se registran de igual manera, por el operador, el inconveniente se encuentra en las horas reales de

producción y en los tiempos y causas de parada de maquinaria; por parte del personal de mantenimiento no existe un registro como tal, solo cuando es necesario se documentan las ordenes de mantenimiento por lo general cuando se requiere algún tipo de repuesto para funcionar a manera de canje con el almacén para la entrega de elementos, de ello no existe mucha trazabilidad, o control, da pie a baches entre el tiempo de suceso y el tiempo de reporte a SAP.

Por ultimo cabe mencionar que resulta una posibilidad y oportunidad y es que todos los procesos son documentados en formatos impresos, así que en el proceso de ser alimentados son manipulados por una considerable cantidad de personas siendo foco de transmisión del virus COVID-19, fuera de la necesidad de comunicación de ellos entre áreas de la fábrica, de esta manera al evitar el ingreso manual de la información y la posterior observación de ella en línea se elimina esta posibilidad de transmisión y contagio.

2.2 DIAGNÓSTICO

Luego de evidenciar la situación, y la metodología de trabajo se puede mencionar que por la naturaleza de la maquinaria, antigüedad y fin puede encontrarse entre las industrias 2.0 y 3.0, sin embargo, es importante establecer un sistema de tecnología de la información para traerlo a las industrias 4.0.

Debe establecerse un sistema efectivo y fiable de documentación, actualización del sistema de medición y relación de material en proceso a producto terminado para un buen pronóstico en niveles ascendentes de producción.

En cuanto a este sistema de producción cabe mencionar que ninguna de ellas tiene comunicación externa de modo que hasta que no pueda ser extraída esta información siempre será imprescindible el formato de producción diligenciado manualmente por el operador, fuera

de ello una de las labores más importantes del practicante de producción o asistente de producción es el registro de esta información en Excel destinados al desarrollo de indicadores por parte del departamento de ingeniería para la toma de decisiones, por ende al eliminar esta tarea pueden ser destinadas actividades más provechosas para esta persona.

Existe probabilidad de caos en la comunicación de ordenes de producción con los operadores por lo que cabe la posibilidad de entregas tardías de ordenes de producción.

Se hace una juiciosa recolección de datos, sin embargo, puede no ser traducida a información como tal, dado que deben ser manipulados y limpiados para poder ser convertidos a indicadores.

Ilustración 2. Formato de producción actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.

CENTRO DE PRODUCCIÓN TELARES PLANOS									
Tolar N°	T	REFERENCIA	METROS		ROLLOS BAJADOS			Fecha (aa / mm / dd)	Lunes
			Inicia	Termina	Longitud (m)	Peso (kg)	Ancho (m)	Horometro	OBSERVACIONES
Geotex 1	1	1700	86						Horometro Inicial: 908304
	2								
	3								
Geotex 2	1	3000	35	15	102 (C4)	✓		7846.47	Rollos de 152 metros
	2								Horometro Inicial: 782625
	3								→ es 10210 OK
Ecomatrix 13	1	Yute	0						Rollos de 102 metros
	2								Horometro Inicial: 490722
	3								
Geotex 4	1	2400	54	95	322 ✓			762629	12 rollos de 250 metros
	2								Horometro Inicial: 761926
	3								7633.00
Geotex 5	1	3000	49	68	102 ✓			760912	Rollos de 122 metros
	2								Horometro Inicial: 760857
	3								7615.35
Geotex 6	1	3000	13	52	102 ✓			728818	Rollos de 102 metros
	2								Horometro Inicial: 728155
	3								7291.20
Geotex 7	1	2400	47						Rollos de 102 metros
	2								Horometro Inicial: 843125
	3								
Geotex 8	1	2400	12	4	102 ✓			7819.00	Rollos de 122 metros
	2								Horometro Inicial: 781327
	3								
Geotex 9	1	3000	88	19	102 (102)			7045.17	Rollos de 122 metros
	2								Horometro Inicial: 703819
	3								7051.46
Geotex 10	1	4000	81	57	102 ✓			694608	Rollos de 102 metros
	2								Horometro Inicial: 694629
	3								
Geotex 11	1	4000	85	92	102 ✓			815630	Rollos de 102 metros
	2								Horometro Inicial: 815117
	3								8162.22

Elaborado por :

Grupo 1

1

Ilustración 3. Formato de producción de la compañía, posterior. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.

Telar	MANTENIMIENTO		INICIO PRODUCCIÓN		REVIENTES			VARIOS		Lunes 17/12/11	OBSERVACIONES
	Mecánico	Eléctrico	Anudado	Laboratorio	Urdimbre	Trama	Reuniones	Otros			
N°	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.		
1	12										
	16	650									
	17										
	18										
	19	60									
	20										
	21										
	14										
	23										
	15										
(Medidas) Paso Laboratorio Para 620 2400 16x15 6 - T. 1650 2000 122m - Ok / 12:10 P.M. 60 desarmar proyectiles + cambio 4) proyectil 90 (reuniones Medidas) 60 desarmar x trama costar 90 (desarmar/materia) 670 inicio x 620 n.c. + cambio costar 2000 2000 122m - 10:30 am inicia Producción											
Hacer (2) rollo de 500m 24x15 515 INTER N 20 CANTON 5 Scrap: Operario: V. MORENO											
2	12										
	16										
	17										
	18										
	19										
	20										
	21										
	14										
	23										
	15										
- Inicia de granado 9:15 PM Scrap Operario: [Firma]											
3	12										
	16										
	17										
	18										
	19										
	20										
	21										
	14										
	23										
	15										
* En mantenimiento registrar causa Scrap Operario:											

En las dos ilustraciones anteriores se evidencia primero los datos de producción respecto al programa asignado a cada telar en el grupo, en la segunda las causas justificadas de parada.

Ilustración 4. Conglomerado de horómetros para análisis, sistema actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.

LECTURA HOROMETROS																				
Telar	Turno de	Diciembre	1-ene	2-ene	3-ene	4-ene	5-ene	6-ene	7-ene	8-ene	9-ene	10-ene	11-ene	12-ene	13-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene
1	1	8221:29	8221:29	8221:29	8224:39	8229:46	8236:06	8242:09	8247:54	8254:20	8258:49	8270:39	8281:26	8294:00	8304:21	8312:25	8323:14	8335:19	8348:28	8360:5
	2	8221:29	8221:29	8221:29	8224:39	8229:46	8236:06	8242:09	8247:54	8254:20	8264:43	8276:08	8288:09	8299:10	8307:33	8317:44	8329:27	8342:07	8354:37	8367:4
	3	8221:29	8221:29	8221:29	8224:39	8229:46	8236:06	8242:09	8247:54	8254:20	8264:43	8276:08	8288:09	8299:10	8307:33	8317:44	8329:27	8342:07	8354:37	8367:4
2	1	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7975:04	7988:49	8001:33	8015:02	8027:50	8041:40	8053:2
	2	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7968:27	7982:12	7995:36	8008:29	8021:44	8035:01	8047:43	8058:1
	3	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7964:45	7968:27	7982:12	7995:36	8008:29	8021:44	8035:01	8047:43	8058:1
3	1	3942:43	3942:43	3942:43	3946:49	3952:58	3959:16	3965:07	3970:49	3976:29	3988:11	3998:56	4012:14	4012:14	4012:14	4019:16	4031:37	4044:42	4057:30	4070:4
	2	3942:43	3942:43	3942:43	3946:49	3952:58	3959:16	3965:07	3970:49	3976:29	3988:11	3998:56	4012:14	4012:14	4012:14	4025:37	4038:27	4051:20	4064:13	4077:2
	3	3942:43	3942:43	3942:43	3946:49	3952:58	3959:16	3965:07	3970:49	3976:29	3988:11	3998:56	4012:14	4012:14	4012:14	4025:37	4038:27	4051:20	4064:13	4077:2
4	1	8036:25	8036:25	8036:25	8040:19	8046:21	8052:03	8058:00	8063:40	8070:25	8075:02	8087:06	8097:56	8110:03	8120:56	8130:29	8140:43	8145:10	8155:06	8161:5
	2	8036:25	8036:25	8036:25	8040:19	8046:21	8052:03	8058:00	8063:40	8070:25	8080:38	8091:46	8103:31	8115:25	8125:59	8135:21	8144:54	8149:06	8159:52	8167:2
	3	8036:25	8036:25	8036:25	8040:19	8046:21	8052:03	8058:00	8063:40	8070:25	8080:38	8091:46	8103:31	8115:25	8125:59	8135:21	8144:54	8149:06	8159:52	8167:2
5	1	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17
	2	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17
	3	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17	7712:17
6	1	7405:46	7405:46	7405:46	7409:50	7415:53	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7426:45	7436:41	7449:42	7462:53	7477:1
	2	7405:46	7405:46	7405:46	7409:50	7415:53	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7421:31	7431:40	7443:01	7455:56	7469:58
	3	7405:46	7405:46	7405:46	7409:50	7415:53	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7418:56	7421:31	7431:40	7443:01	7455:56	7469:58
7	1	8552:15	8552:15	8552:15	8556:20	8560:39	8567:10	8573:45	8579:38	8586:01	8597:14	8608:51	8620:44	8633:33	8645:16	8659:10	8672:09	8685:16	8699:02	8711:5
	2	8552:15	8552:15	8552:15	8556:20	8560:39	8567:10	8573:45	8579:38	8586:01	8597:14	8608:51	8620:44	8633:33	8645:16	8659:10	8672:09	8685:16	8699:02	8711:5
	3	8552:15	8552:15	8552:15	8556:20	8560:39	8567:10	8573:45	8579:38	8586:01	8597:14	8608:51	8620:44	8633:33	8645:16	8659:10	8672:09	8685:16	8699:02	8711:5
8	1	7979:18	7979:18	7979:18	7983:21	7989:52	7996:26	8002:20	8008:16	8014:23	8018:01	8018:01	8029:13	8041:36	8053:39	8066:29	8078:57	8091:13	8104:12	8114:2
	2	7979:18	7979:18	7979:18	7983:21	7989:52	7996:26	8002:20	8008:16	8014:23	8018:01	8018:01	8023:10	8035:24	8048:17	8059:53	8073:01	8085:47	8098:02	8109:50
	3	7979:18	7979:18	7979:18	7983:21	7989:52	7996:26	8002:20	8008:16	8014:23	8018:01	8018:01	8023:10	8035:24	8048:17	8059:53	8073:01	8085:47	8098:02	8109:50

Ilustración 5. Lectura de horómetros a horas trabajadas por turno y telar, captura del sistema actual de datos, horas efectivas y de producción. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.

LECTURA HOROMETROS																					
Telar	Telar	Valida	Turno de	1-ene	2-ene	3-ene	4-ene	5-ene	6-ene	7-ene	8-ene	9-ene	10-ene	11-ene	12-ene	13-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18
1	1	11	1			03:10	05:07	06:20	06:03	05:45	06:26	04:29	05:56	05:18	05:51	05:11	04:52	05:30	05:52	06:21	06
	1	12	2									05:54	05:29	06:43	05:10	03:12	05:19	06:13	06:48	06:09	06
	1	13	3																		
2	2	21	1												06:37	06:37	05:57	06:33	06:06	06:39	05
	2	22	2												03:42	07:08	06:47	06:56	06:42	07:11	06:03
3	2	23	3																		
	3	31	1			04:06	06:09	06:18	05:51	05:42	05:40	04:47	05:41	06:56			07:02	06:00	06:15	06:10	06
	3	32	2									06:55	05:04	06:22			06:21	06:50	06:38	06:43	06
4	3	33	3																		
	4	41	1			03:54	06:02	05:42	05:57	05:40	06:45	04:37	06:28	06:10	06:32	05:31	04:30	05:22	00:16	06:00	01
	4	42	2									05:36	04:40	05:35	05:22	05:03	04:52	04:11	03:56	04:46	05
5	4	43	3																		
	5	51	1																		
	5	52	2																		
6	5	53	3																		
	6	61	1			04:04	06:03	03:03									05:14	05:01	06:41	06:57	07
	6	62	2													02:35	04:55	06:20	06:14	07:05	05
7	6	63	3																		
	7	71	1			04:05	04:19	06:31	06:35	05:53	06:23	04:36	05:42	05:39	06:23	05:19	06:49	06:20	05:51	07:02	07
	7	72	2									06:37	05:55	06:14	06:26	06:24	07:05	06:39	07:16	06:44	05
8	7	73	3																		
	8	81	1			04:03	06:31	06:34	05:54	05:56	06:07	03:38		06:03	06:12	05:22	06:36	05:56	05:26	06:10	04
	8	82	2										05:09	06:11	06:41	06:14	06:32	06:50	06:49	05:38	06
8	83	3																			

Ilustración 6. Análisis de causas de parada estandarizada, tiempo improductivo. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.

Grupo	Telar N°	Causa	Incidencia	UM	01-08	02-08	03-08	04-08	05-08	06-08	07-08	08-08	09-08	10-08	11-08	12-08	13-08	14-08	15-08	16-08	17-08	18-08	19-08
Grupo 1	1	Limpieza	Anudado	min																			
Grupo 1	1	Limpieza	Limpieza Programada	min			10	10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Grupo 1	1	Mantenimiento	Imprevisto Eléctrico	min							45							40		30			
Grupo 1	1	Mantenimiento	Imprevisto Mecánico	min			30	60							60	90	180		30				
Grupo 1	1	Mantenimiento	Lubricación	min			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Grupo 1	1	Mantenimiento	Sin Mecánico - Eléctrico	min																			
Grupo 1	1	Producción	Cambio de Referencia	min																			
Grupo 1	1	Producción	Carrete Enredado	min																			
Grupo 1	1	Producción	Hebras Perdidas	min																			
Grupo 1	1	Producción	Estudio laboratorio	min																			
Grupo 1	1	Producción	Falta de MMPP	min																			
Grupo 1	1	Producción	No Programado	min																			
Grupo 1	1	Producción	Reviente de Tramas	min			20	20	15	20	15	20	40	60	30	40	55	60	50	20	40	30	20
Grupo 1	1	Producción	Reviente de Urdimbres	min			55	58	50	62	40	39	117	155	89	109	162	189	147	60	110	78	65
Grupo 1	1	Producción	Ajustes Enhebrado	min																			
Grupo 1	1	Varios	Otros	min																			
Grupo 1	1	Varios	Refrigerio	min			15	15	15	15	15	15	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Grupo 1	1	Varios	Reuniones	min			150						120										
Grupo 1	2	Limpieza	Anudado	min																			
Grupo 1	2	Limpieza	Limpieza Programada	min												20	20	20	20	20	20	20	20
Grupo 1	2	Mantenimiento	Imprevisto Eléctrico	min																			
Grupo 1	2	Mantenimiento	Imprevisto Mecánico	min														60					
Grupo 1	2	Mantenimiento	Lubricación	min											10	10	10	10	10	10	10	10	10
Grupo 1	2	Mantenimiento	Sin Mecánico - Eléctrico	min																			
Grupo 1	2	Producción	Cambio de Referencia	min																			
Grupo 1	2	Producción	Carrete Enredado	min																			120

Ilustración 7. Productividad de los operarios, sistema actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.

Grupo	Turno de producción	Telar	Valida	Operario1	Lunes 1-ene		Martes 2-ene		Miércoles 3-ene		Jueves 4-ene		Viernes 5-ene		Sábado 6-ene		Domingo 7-ene		Promedio Semana 1
					Horas	Prod	Horas	Prod	Horas	Prod	Horas	Prod	Horas	Prod	Horas	Prod	Horas	Prod	
Grupo 1	1	1	11	Victor Moreno	07:12	90,0%	05:08	64,2%	03:10	39,6%	05:07	64,0%	06:20	79,2%	06:03	75,6%	05:45	71,9%	68,7%
Grupo 1	2	1	12	Sin operario	06:05	76,0%	06:30	81,3%											78,6%
Grupo 1	3	1	13	Sin operario															
Grupo 1	1	2	21	Victor Moreno	01:35	19,8%	00:30	6,2%											13,0%
Grupo 1	2	2	22	Sin operario	01:42	21,2%	00:31	6,5%											13,9%
Grupo 1	3	2	23	Sin operario															
Grupo 1	1	13	131	Victor Moreno			02:44	34,2%											34,2%
Grupo 1	2	13	132	Sin operario			05:12	65,0%											65,0%
Grupo 1	3	13	133	Sin operario															
Grupo 1	1	4	41	Victor Moreno	05:56	74,2%	06:09	76,9%	03:54	48,7%	06:02	75,4%	05:42	71,3%	05:57	74,4%	05:40	70,8%	70,1%
Grupo 1	2	4	42	Sin operario	05:44	71,7%	05:35	69,8%											70,7%
Grupo 1	3	4	43	Sin operario															
Grupo 1	1	5	51	Victor Moreno															
Grupo 1	2	5	52	Sin operario															
Grupo 1	3	5	53	Sin operario															
Grupo 1	1	6	61	Victor Moreno	06:17	78,5%	05:26	67,9%	04:04	50,8%	06:03	75,6%	03:03	38,1%					62,2%
Grupo 1	2	6	62	Sin operario	05:55	74,0%	05:25	67,7%											70,8%
Grupo 1	3	6	63	Sin operario															
Grupo 1	1	7	71	Victor Moreno	06:45	84,4%	06:08	76,7%	04:05	51,0%	04:19	54,0%	06:31	81,5%	06:35	82,3%	05:53	73,5%	71,6%
Grupo 1	2	7	72	Sin operario	06:33	81,9%	06:21	79,4%											80,6%
Grupo 1	3	7	73	Sin operario															
Grupo 1	1	8	81	Victor Moreno	00:49	10,2%	06:33	81,9%	04:03	50,6%	06:31	81,5%	06:34	82,1%	05:54	73,8%	05:56	74,2%	63,3%

Ilustración 8. Disponibilidad porcentual de los telares respecto a las 8 horas por turno, sistema actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.

DISPONIBILIDAD TELARES		8.00																		
Telar	Turno de	1-ene	2-ene	3-ene	4-ene	5-ene	6-ene	7-ene	8-ene	9-ene	10-ene	11-ene	12-ene	13-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene	19-ene
1	1			39,6%	64,0%	79,2%	75,6%	71,9%	80,4%	56,0%	74,2%	66,2%	73,1%	64,8%	60,8%	68,7%	73,3%	79,4%	79,2%	84,0%
	2									73,7%	68,5%	84,0%	64,6%	40,0%	66,5%	77,7%	85,0%	76,9%	85,8%	85,6%
	3																			
2	1												82,7%	82,7%	74,4%	81,9%	76,2%	83,1%	70,6%	45,4%
	2											46,3%	89,2%	84,8%	86,7%	83,7%	89,8%	75,6%	60,0%	21,5%
	3																			
3	1			51,3%	76,9%	78,8%	73,1%	71,3%	70,8%	59,8%	71,0%	86,7%			87,9%	75,0%	78,1%	77,1%	82,3%	87,1%
	2									86,5%	63,3%	79,6%			79,4%	85,4%	82,9%	84,0%	82,5%	83,3%
	3																			
4	1			48,7%	75,4%	71,3%	74,4%	70,8%	84,4%	57,7%	80,8%	77,1%	81,7%	69,0%	56,3%	67,1%	3,3%	75,0%	24,6%	70,8%
	2									70,0%	58,3%	69,8%	67,1%	63,1%	60,8%	52,3%	49,2%	59,6%	69,2%	73,5%
	3																			
5	1																			
	2																			
	3																			
6	1			50,8%	75,6%	38,1%									65,4%	62,7%	83,5%	86,9%	90,0%	80,6%
	2													32,3%	61,5%	79,2%	77,9%	88,5%	67,9%	70,6%
	3																			
7	1			51,0%	54,0%	81,5%	82,3%	73,5%	79,8%	57,5%	71,2%	70,6%	79,8%	66,5%	85,2%	79,2%	73,1%	87,9%	87,5%	
	2									82,7%	74,0%	77,9%	80,4%	80,0%	88,5%	83,1%	90,8%	84,2%	74,4%	
	3																			
8	1			50,6%	81,5%	82,1%	73,8%	74,2%	76,5%	45,4%					82,5%	74,2%	67,9%	77,1%	56,5%	73,3%
	2										64,4%	77,3%	83,5%	77,9%	81,7%	85,4%	85,2%	70,4%	80,2%	47,5%
	3																			

Ilustración 9. Conglomerado de tiempo improductivo en minutos, sistema actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.

		Minutos Tiempo Improductivo																														
Incidencia		03-01	04-01	05-01	06-01	07-01	08-01	09-01	10-01	11-01	12-01	13-01	14-01	15-01	16-01	17-01	18-01	19-01	20-01	21-01	22-01	23-01	24-01	25-01	26-01	27-01	28-01	29-01	30-01	31-01	Total	
Ajustes Enhebrado																			88	282	480	360				73	60			240	373	
Anudado				204	120						23					73									312	480	460	120	124	360	2986	
Cambio de Referencia																															240	
Carrete Enredado	60	60									30									180	120	120	60		768	600	360	360	120	900	660	4758
Estudio laboratorio			120	60								30				180							120			480	420	60	60	300	180	2250
Falla de MINFP																															0	
Habras Perdidas						90		60	60	120			60		120	50			90	120				60		102	100	100	120	240	330	1752
Imprevisto Eléctrico	60	50				120						40	60	30					120	210	120	60	60		240	180	110	30	180	60	230	2050
Imprevisto Mecánico	30	560	60	270	105	85	300	295	210	280	575	750	1030	300	300	330	330	340	330	340	330	120	471	420	210	450	240	410	410	1260	712	11243
Limpieza Programada	210	220	200	190	190	190	370	390	410	380	390	410	430	430	440	420	400	400	390	380	400	400	410	400	470	450	440	560	580	570	11120	
Lubricación	210	220	200	190	190	200	200	210	200	210	220	230	220	220	210	220	200	200	200	210	220	200	200	210	200	240	230	220	340	370	360	6520
No Programado																																81
Otros																																120
Refrigerio	315	330	300	285	285	285	555	555	615	570	585	615	645	630	660	630	600	600	585	570	552	630	600	705	675	660	840	870	840	16627		
Reuniones	3150						2400																								3246	11196
Revisión de Tamas	445	530	460	430	425	410	355	1255	1000	785	970	910	831	1095	1040	845	890	1135	1065	738	1300	1367	1255	1365	1330	1477	1709	1894	1835	28665		
Revisión de Uldimbez	1348	1625	1524	1330	1235	1216	2893	3690	3017	2430	2851	2782	2446	3295	3027	2940	2335	3315	2968	4670	4146	3730	4074	3963	4105	4387	5029	4775	88595			
Sin Mecánico - Eléctrico																																76
suma total		5.888	3.595</																													

2.2.1 Diagnóstico de variables e indicadores pertinentes.

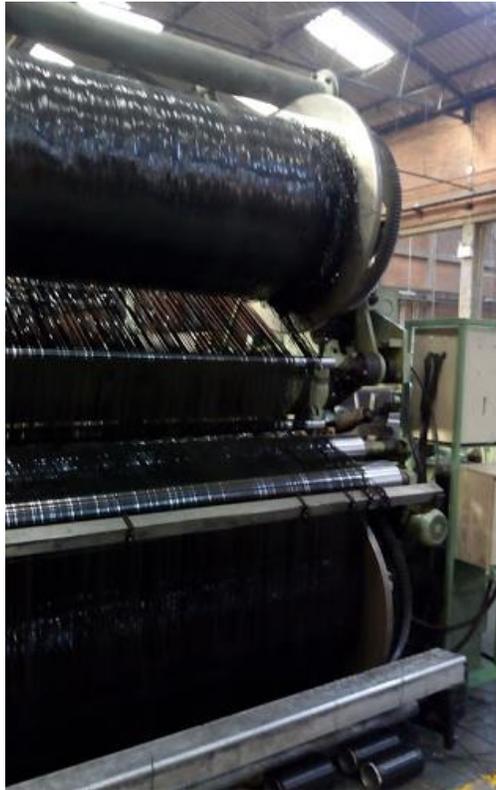
Los indicadores que se llevan en la empresa en consideración se dividen en:

mantenimiento con: disponibilidad y utilización y productividad con rendimiento, rechazos de calidad y disponibilidad, indicadores pertinentes al OEE, que se ajustan entonces al diseño de la investigación, y el OEU compuesto de utilización de maquina sobre los 30 días del mes y las 24 horas al día que se encuentra disponible, y la depreciación para cuestiones financieras de la misma.

Para el cálculo de los indicadores previamente mencionados se obtienen primero la producción en metros, kilogramos, metros por segundo, obtención de horas programadas por maquina por turno, teniendo así las horas efectivas considerando las paradas justificadas y no justificadas, porcentaje de disponibilidad, por ultimo los kilogramos de Scrap (material para reproceso, puede provenir del producto en producción, o ser usado como materia prima en la extrucción) o material desperdiciado o rechazado.

Por lo que la extracción y obtención de la información directamente al medio digital permitirá el inventario de cinta (trama y urdimbre) desde el anudado de cada uno de los telares.

Fotografía 1. Falla por urdimbre, material rechazado, telar 18. Geosistemas PAVCO Wavin.



Fotografía 2. Almacenamiento de cinta y resina. Geosistemas PAVCO Wavin.



Fotografía 3. Sistema de inventario. Geosistemas PAVCO Wavin.

INVENTARIO PRODUCTO					
MATERIAL: <u>URDIMBRE</u> <u>670</u> <u>1000</u>			COD SAP: _____		
FECHA INVENTARIO: _____					
N°	CANTIDAD	UN	N°	CANTIDAD	UN
1	355	Kg	21		Kg
2	358	Kg	22		Kg
3	359	Kg	23		Kg
4	365	Kg	24		Kg
5	360	Kg	25		Kg
6	354	Kg	26		Kg
7	352	Kg	27		Kg
8	369	Kg	28		Kg
9	354	Kg	29		Kg
10	369	Kg	30		Kg
11	362	Kg	31		Kg
12	376	Kg	32		Kg
13	370	Kg	33		Kg
14	38,5	Kg	34		Kg
15		Kg	35		Kg
16		Kg	36		Kg
17		Kg	37		Kg
18		Kg	38		Kg
19		Kg	39		Kg
20		Kg	40		Kg
SUBTOTAL 4.920,5			SUBTOTAL		
TOTAL 4.920,5					

De las ilustraciones anteriores evidenciamos entonces:

Fotografía 1: Se evidencia falla por carrete mal urdido, causa no normalizada en el tempario de la compañía dada la incidencia poco constante, sin embargo, por su importancia e implicación de uso de rollos de urdimbre y la afectación al inventario puede considerar ser añadida a las fallas codificadas.

Fotografía 2: Evidencia del sistema de inventario vertical de materia prima (bultos de resina a la izquierda) y cinta extruida (trama o urdimbre) en cajas listas para la producción.

Fotografía 3: Sistema de inventario anual en tablas diligenciadas a mano por el asistente de producción, se evidencia dificultad en su revisión por las condiciones de visualización de información de las cajas, altura, dificultad de ingreso a la zona, posibilidad de errores al

momento de diligenciar el formato, lo que ocasiona incongruencias en el inventario general de materia prima y material.

Adicional a ello se evidencio en el sistema de inventario que de acuerdo a los máximos y mínimos de cantidades se planea la producción, por lo que la herramienta en su alcance aunque no aporta a este sistema globalmente si permite conocer con precisión la cantidad de material entrante, en proceso y terminado con las materias primas por telar, facilitando esta labor; dado que, cuando se hace inventario general la planta debe parar por más de 24 horas para poder hacer la labor de revisión de cinta montada en las maquinas, más puntualmente la revisión de cuanta cinta le queda al plegador.

Definición de posibles tendencias

Una de las tendencias es la posible estacionalidad del producto en los primeros meses del año y ocasionalmente en los cuatro últimos, donde aumenta la producción y la necesidad de mayor recurso humano, utilización total del tiempo y aumento de la disponibilidad. Tiempo donde las fallas mecánicas también aumentan y el cumplimiento de las ordenes de producción se requiere a total puntualidad.

Además del COVID-19 que ha alterado las tendencias de modalidad de trabajo, producción por sectores, impulsando herramientas de comunicación interna sin contacto, por lo que se hace necesaria una visión estratégica en la decisión e implementación de acciones a corto plazo; puede ser más fácil comunicar ahora porque la gente lo espera, pero debe ser considerada la asertividad de esta información, de esta manera trabajar en conjunto con los departamentos para trabajar colaborativamente y alineados.

Análisis estadístico

Para el análisis del comportamiento de la producción se tuvo en cuenta el conglomerado de indicadores de producción durante un año, de lo que se calculó el promedio y el índice de varianza y desviación.

Tabla 2. Conglomerado de indicadores general tejidos 2017. Fuente: PAVCO Wavin

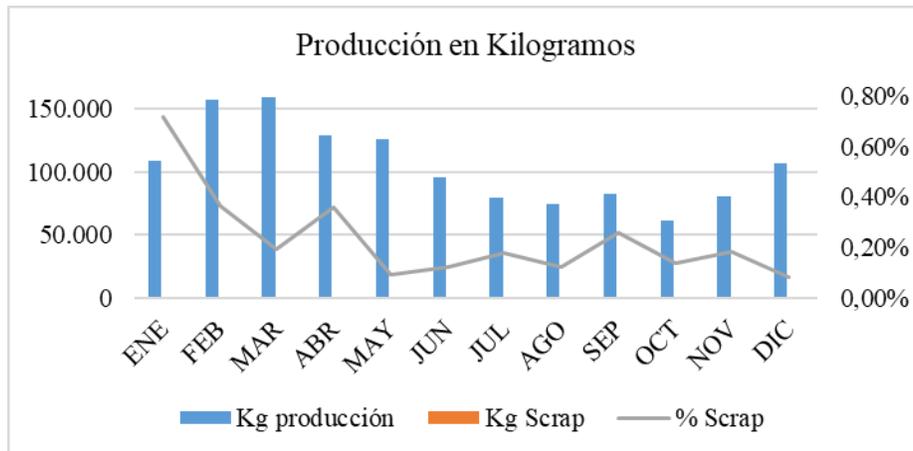
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Kg producción	108.307	157.025	159.176	129.164	125.732	95.817	78.953	74.572	82.431	61.559	79.942	106.633
Kg Scrap	778	569	308	466	114	119	140	92	212	85	147	89
% Scrap	0,72%	0,36%	0,19%	0,36%	0,09%	0,12%	0,18%	0,12%	0,26%	0,14%	0,18%	0,08%
metros lineales	462.311	629.608	664.756	66.155	806.989	266.651	83.629	97.893	44.181	32.918	55.022	21.561
metros lineales/hora	66,91	82,02	83,45	9,57	134,41	55,98	22,16	23,05	9,06	8,39	10,20	3,90
Horas programadas	10.160	11.679	11.962	10.249	8.440	6.899	5.552	6.275	7.010	5.912	8.254	8.232
Horas efectivas	6.909	7.676	7.966	6.916	6.004	4.763	3.774	4.247	4.876	3.925	5.392	5.524
% Disponibilidad	68,00%	65,72%	66,59%	67,48%	71,14%	69,04%	67,98%	67,68%	69,56%	66,39%	65,33%	67,10%

De los datos antes recolectados se calcularon medidas estadísticas de varianza y desviación, de modo que permitiera establecer relaciones entre indicadores y periodos.

Tabla 3. Medidas estadísticas de los datos recolectados. Fuente: Propia.

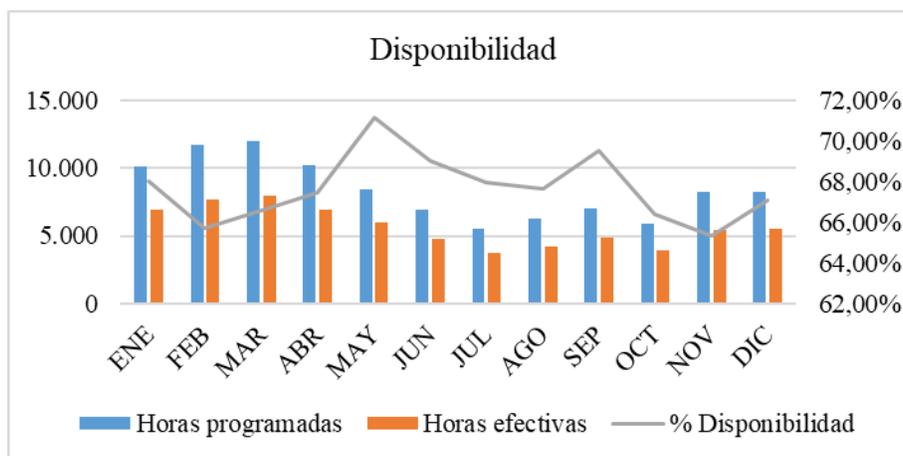
	TOTAL	PROMEDIO	Varianza	Desviación
Kg producción	1.259.311	104.943	1.034.721.653	30.798
Kg Scrap	3.119	260	47.275	217
% Scrap	0,25%	0,23%	0,00%	0,17%
metros lineales	3.231.674	269.306	77.628.640.399	278.619
metros lineales/hora	509,1086512	42,42572093	1596,27	39,95
Horas programadas	100.624	8.385	4.417.218	2.102
Horas efectivas	67.972	5.664	1.892.576	1.376
% Disponibilidad	67,55%	67,67%	0,03%	1,58%

Gráfica 1. Producción en Kilogramos Vs. Scrap generado. Fuente: Propia



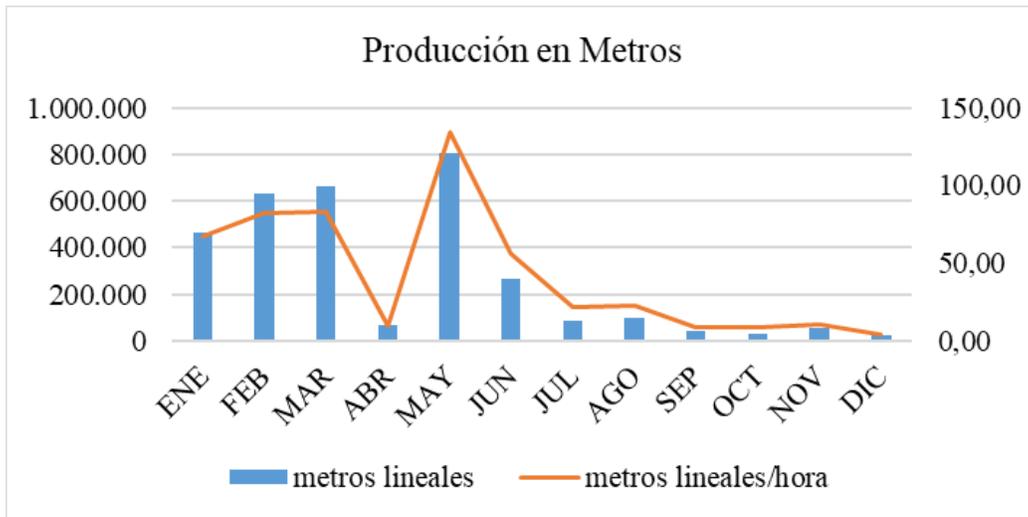
Se evidencia que en relación al peso el material rechazado por no conformidad o no pasar el estudio de laboratorio en su peor estado no resulta mayor al 75%, esto puede deberse a que para este momento se asignan los mantenimientos preventivos programados en los que se hacen varias pruebas, en condiciones normales de operación se encuentra entre el 10% y el 30% del peso total.

Gráfica 2. Disponibilidad. Fuente: Propia.



En cuanto a la disponibilidad se encuentra en un rango medio, entre el 68% y 71%, con una mayor concentración en los primeros cuatro meses del año.

Gráfica 3. Producción en metros y velocidad lineal. Fuente: Propia.



La producción en metros mostro su pico más alto en el mes de mayo con descenso en el segundo semestre del año, lo que puede relacionarse a las referencias en pedido, es decir con mayor denier (densidad lineal de masa de fibras), y en el segundo semestre geotextiles menos pesados. Lo que también nos indica el estado de demanda del sector construcción, es decir que durante este tiempo se hacían reforzamientos para capas o subrasantes.

De ello tenemos que en total se produjeron con 1.259.311 de kilogramos 3.231.6774 metros lineales de producto tejido; en promedio al mes se produjeron con 104.943 kilogramos 269.306 metros lineales de geotextil de los que el 0,23% es material rechazado y para reproceso, la varianza en la disponibilidad es mínima con un 0,03% durante el año; en cuanto a la desviación, la disponibilidad tiene un coeficiente de 1,58%, que respecto a las cantidades descritas no es tan alarmante.

Teniendo esta información se realizaron varias medidas estadísticas de comprobación de relación de variables, tales como análisis de varianza con comprobación de hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$; los conjuntos son iguales

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$; los conjuntos son diferentes

Tabla 4. Análisis de varianza kilogramos producidos al año respecto a metros producidos al año. Fuente: Propia.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Kg producción	14	2623565	187397,5	9,6059E+10
ml	14	7377665	526976,0714	9,7401E+11

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	8,07195E+11	1	8,07195E+11	1,50867487	0,23034451	4,225201273
Dentro de los grupos	1,39109E+13	26	5,35036E+11			
Total	1,47181E+13	27				

De ello se tiene que el valor crítico de F es mayor a F, por lo tanto, la hipótesis de que los conjuntos son correspondientes es aceptada.

Tabla 5. Regresión metros lineales respecto a los kilogramos producidos. Fuente: Propia.

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0,7520							
Coefficiente de determinación R ²	0,5655							
R ² ajustado	0,5221							
Error típico	22237,1038							
Observaciones	12							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	6437050339	6,437E+09	13,0175861	0,0047840			
Residuos	10	4944887848	494488785					
Total	11	11381938187						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	82555,9834	8927,8260	9,2470	3,2417E-06	62663,5475	102448,4193	62663,5475	102448,4193
metros lineales	0,0831269	0,0230	3,6080	0,0048	0,0318	0,1345	0,0318	0,1345
Análisis de los residuales								
<i>Observación</i>	<i>Pronóstico Kg producción</i>	<i>Residuos</i>						
1	120986,49	-12679,49						

2	134893,38	22131,62
3	137815,12	21360,88
4	88055,25	41108,75
5	149638,52	-23906,52
6	104721,87	-8904,87
7	89507,81	-10554,81
8	90693,53	-16121,53
9	86228,62	-3797,62
10	85292,36	-23733,36
11	87129,79	-7187,79
12	84348,28	22284,72

La regresión indica entonces que el pronóstico para el siguiente año en producción en kilogramos es:

Tabla 6. Proyección de producción según regresión. Fuente: Propia.

Kg producción		
Mes	Periodo actual	Siguiente periodo
Enero	108.307	120.986,49
Febrero	157.025	134.893,38
Marzo	159.176	137.815,12
Abril	129.164	88.055,25
Mayo	125.732	149.638,52
Junio	95.817	104.721,87
Julio	78.953	89.507,81
Agosto	74.572	90.693,53
Septiembre	82.431	86.228,62
Octubre	61.559	85.292,36
Noviembre	79.942	87.129,79
Diciembre	106.633	84.348,28

Tabla 7. Correlación de variables respecto al periodo. Fuente: Propia.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENE	1											
FEB	0,99986	1										
MAR	0,99997	0,99995	1									
ABR	0,54587	0,55901	0,55081	1								
MAY	0,99700	0,99567	0,99654	0,47950	1							
JUN	0,99237	0,99420	0,99309	0,64492	0,97990	1						
JUL	0,82918	0,83792	0,83250	0,92092	0,78356	0,89175	1					
AGO	0,89180	0,89881	0,89445	0,86587	0,85417	0,94072	0,99231	1				
SEP	0,56300	0,57592	0,56785	0,99976	0,49743	0,66048	0,92868	0,87599	1			
OCT	0,56092	0,57381	0,56573	0,99968	0,49520	0,65850	0,92756	0,87472	0,99994	1		
NOV	0,66346	0,67505	0,66776	0,98878	0,60356	0,75040	0,96793	0,93007	0,99174	0,99155	1	
DIC	0,27012	0,28527	0,27581	0,95417	0,19493	0,38667	0,76212	0,67649	0,94778	0,94842	0,89928	1

La correlación indica que los meses con más relación en cuanto a su comportamiento son febrero y marzo, mayo y junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, sin embargo, enero febrero y marzo presentan considerables diferencias, datos que deben ser tenidos en cuenta para pronósticos de demandas y ser relacionados a las causas de fallas, paradas, mermas de operación, entre otros.

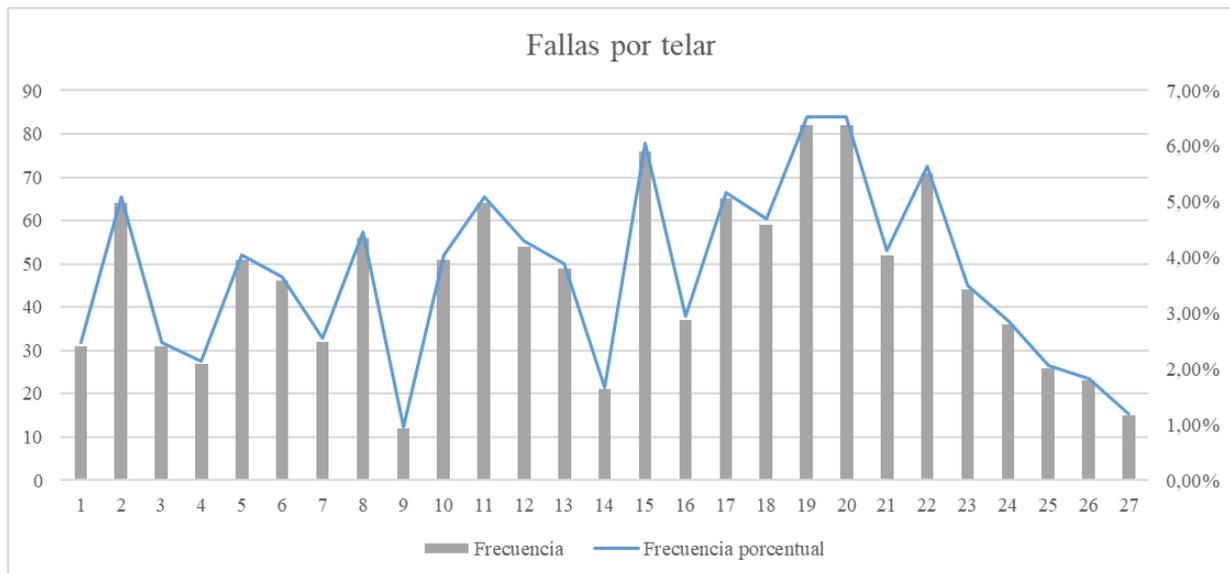
Esto relacionado a las fallas se puede analizar con una muestra de 6 meses, de lo que se halló que:

Tabla 8. Fallas por telar. Fuente: Propia

Telar	Frecuencia	Frecuencia porcentual
1	31	2,47%
2	64	5,09%
3	31	2,47%
4	27	2,15%
5	51	4,06%
6	46	3,66%
7	32	2,55%
8	56	4,46%
9	12	0,95%
10	51	4,06%
11	64	5,09%
12	54	4,30%
13	49	3,90%
14	21	1,67%
15	76	6,05%
16	37	2,94%
17	65	5,17%
18	59	4,69%
19	82	6,52%
20	82	6,52%
21	52	4,14%
22	71	5,65%
23	44	3,50%
24	36	2,86%
25	26	2,07%
26	23	1,83%
27	15	1,19%
Total	1257	

Gráficamente, durante los seis meses de estudio, revisión y diagnóstico se evidencio que:

Tabla 9. Fallas por telar. Fuente: Propia.



De los 27 telares en operación el que presentaba más fallas eran los números 19 y 20, seguidos de 15, 22, 17, 2 y 11; aquellos que menos fallaban, los numero 9, 27, 14, 26, 25, 4, 3, 1 y 7, las causas de ello pueden variar, dadas sus condiciones de operación, cambios de referencia, programación, horas totales en operación durante este tiempo, entre otras, razón primaria de este estudio, fuente de la creación de la herramienta, el deseo de monitorear y conocer realmente el estado de la maquinaria durante este tiempo, dando datos puntuales al departamento de mantenimiento para programaciones asertivas.

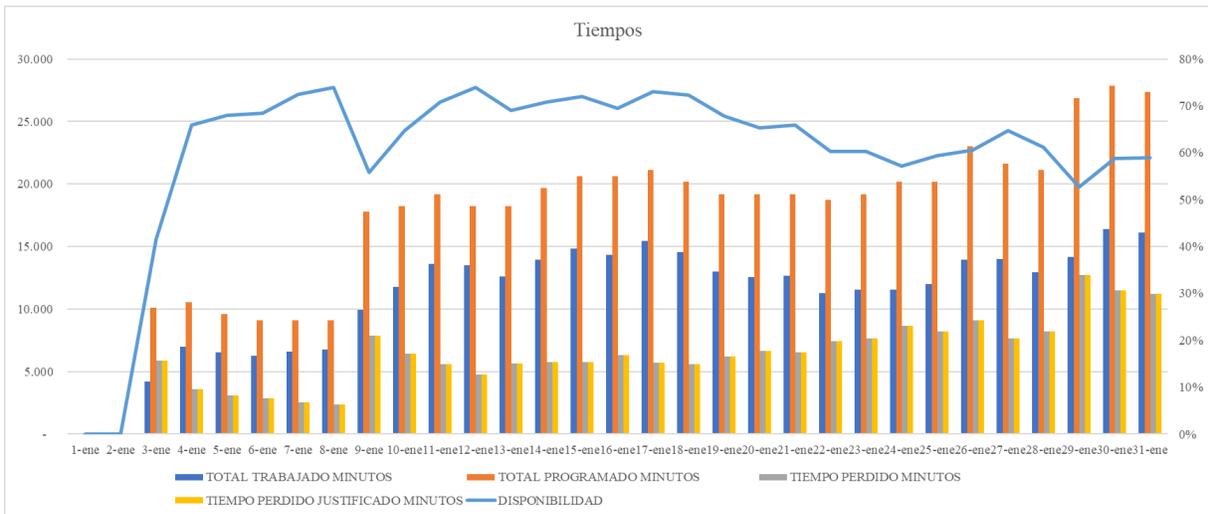
Relacionando ahora a las capacidades se obtuvieron datos de un mes.

Tabla 10. Datos de capacidades, mes I. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.

	1-ene	2-ene	3-ene	4-ene	5-ene	6-ene	7-ene	8-ene	9-ene	10-ene	11-ene	12-ene	13-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene	19-ene	20-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	26-ene	27-ene	28-ene	29-ene	30-ene	31-ene
TOTAL HORAS TRABAJADAS	00:00	00:00	69:52	116:05	108:52	104:05	110:00	112:24	165:07	196:35	226:28	224:56	209:59	232:13	247:38	238:47	257:13	242:45	216:57	209:00	210:55	188:04	192:47	191:59	199:25	232:31	232:56	215:24	236:13	272:55	268:48
TOTAL TRABAJADO MINUTOS	-	-	4.192	6.965	6.532	6.245	6.600	6.744	9.907	11.795	13.588	13.496	12.599	13.933	14.858	14.327	15.433	14.565	13.017	12.540	12.655	11.284	11.567	11.519	11.965	13.951	13.976	12.924	14.173	16.375	16.128
TOTAL PROGRAMADO MINUTOS	-	-	10.080	10.560	9.600	9.120	9.120	9.120	17.760	18.240	19.200	18.240	18.240	19.680	20.640	20.640	21.120	20.160	19.200	19.200	19.200	18.720	19.200	20.160	20.160	23.040	21.600	21.120	26.880	27.840	27.360
TIEMPO PERDIDO MINUTOS	-	-	5.888	3.595	3.068	2.875	2.520	2.376	7.853	6.445	5.612	4.744	5.641	5.747	5.782	6.313	5.687	5.595	6.183	6.660	6.545	7.436	7.633	8.641	8.195	9.089	7.624	8.196	12.707	11.465	11.232
TIEMPO PERDIDO JUSTIFICADO MINUTOS	-	-	5.888	3.595	3.068	2.875	2.520	2.376	7.853	6.445	5.612	4.744	5.641	5.747	5.782	6.313	5.687	5.595	6.183	6.660	6.545	7.436	7.633	8.641	8.195	9.089	7.624	8.196	12.707	11.465	11.232
DISPONIBILIDAD	0%	0%	42%	66%	68%	68%	72%	74%	56%	65%	71%	74%	69%	71%	72%	69%	73%	72%	68%	65%	66%	60%	60%	57%	59%	61%	65%	61%	53%	59%	59%
CAPACIDAD INSTALADA	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880
CAPACIDAD TEORICA	-	-	10.080	10.560	9.600	9.120	9.120	9.120	17.760	18.240	19.200	18.240	18.240	19.680	20.640	20.640	21.120	20.160	19.200	19.200	19.200	18.720	19.200	20.160	20.160	23.040	21.600	21.120	26.880	27.840	27.360
CAPACIDAD REAL	-	-	4.192	6.965	6.532	6.245	6.600	6.744	9.907	11.795	13.588	13.496	12.599	13.933	14.858	14.327	15.433	14.565	13.017	12.540	12.655	11.284	11.567	11.519	11.965	13.951	13.976	12.924	14.173	16.375	16.128
DISPONIBILIDAD PLANTA	0%	0%	26%	27%	25%	23%	23%	23%	46%	47%	49%	47%	47%	51%	53%	53%	54%	52%	49%	49%	49%	48%	49%	52%	52%	59%	56%	54%	69%	72%	70%
DISPONIBILIDAD PLANTA REAL	0%	0%	11%	18%	17%	16%	17%	17%	25%	30%	35%	35%	32%	36%	38%	37%	40%	37%	33%	32%	33%	29%	30%	30%	31%	36%	36%	33%	36%	42%	41%

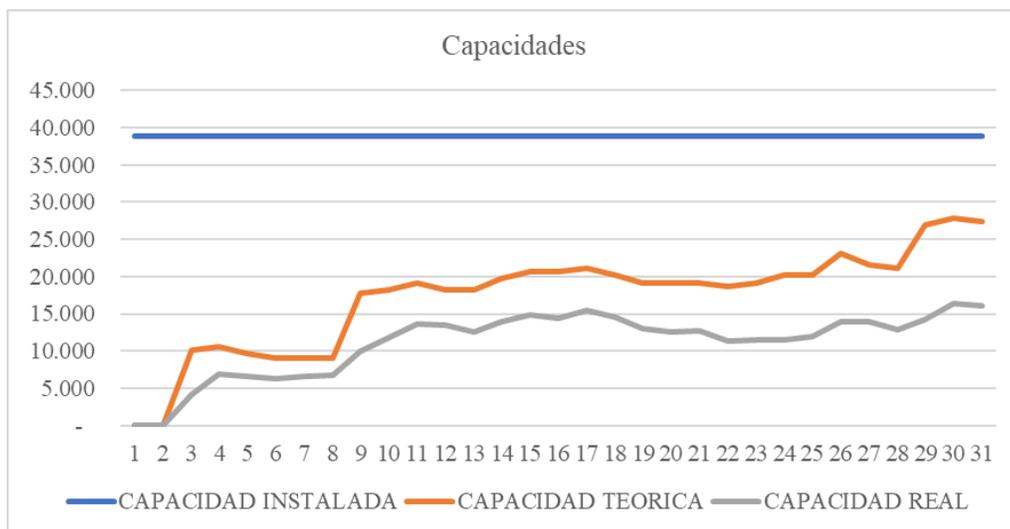
De lo que se hizo pertinente el análisis de capacidades de manera más visual, dadas las cantidades de datos y magnitudes.

Gráfica 4. Relación de tiempos. Fuente: Propia.



De esta grafica se relaciona el tiempo perdido con el justificado con una correspondencia casi directa y pareja entre las barras, sin embargo, la diferencia entre el tiempo programado con el trabajado es considerable, dato que se ve reflejado considerablemente en la disponibilidad total en este caso por día.

Gráfica 5. Capacidad instalada, teórica y real. Fuente: Propia.

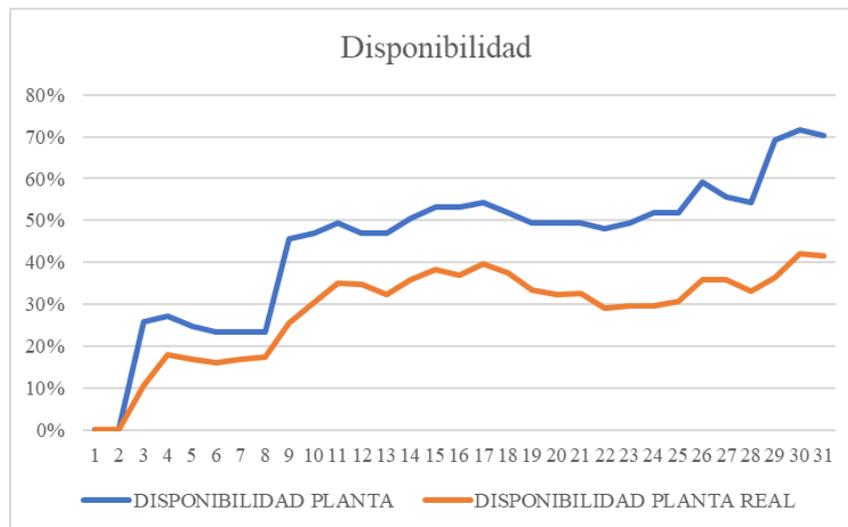


Se hizo necesario una visualización más rigurosa de indicadores de capacidades, dada las diferencias entre la instalada 38.880 minutos diarios, calculados de la siguiente manera:

$$27 \text{ telares} * 60 \text{ minutos} * 8 \text{ horas} * 3 \text{ turnos} = 38.880 \text{ minutos disponibles}$$

Para la capacidad teórica se tienen en cuenta los telares sin programación y con tiempo de parada justificado, y el tiempo realmente operado, de este modo también puede ser visto como disponibilidad en la Tabla 10.

Gráfica 6. Disponibilidad. Fuente: Propia



En relación a la gráfica anterior se relaciona la disponibilidad de planta con la real, de modo que se termina de relacionar los datos anteriores y se sintetiza el indicador.

Causas:

Las causas de variabilidad en los datos obtenidos y la información extraída se pueden dar por la subjetividad de los formatos de producción diligenciados en cada turno, donde el operador del grupo de telares en el turno tiene la oportunidad de ajustar el tiempo y causa de parada; además, existe la figura de asistente de producción, encargado de introducir los datos al sistema, por lo que está sujeto entonces al error humano, a su interpretación y ajuste de la información ya dada, por lo que existen entonces dos focos de ruido de información. Por lo que encontramos entonces tres causas de fallas en los datos de producción y mantenimiento:

- Manejo ineficiente de la información
- Fallas del sistema

Sin embargo, el personal está totalmente capacitado en los indicadores de producción y mantenimiento además de la función y utilidad de ello como instrumento de medición para la nómina de la planta

2.2.2 Síntesis de la situación actual.

La situación actual se enmarca en la alteración de la pandemia a la economía, luego de trabajar la disponibilidad al 100% ha sido reducida al 40% de la capacidad, despidos en el personal temporal y administrativo y manteniendo según sean las ordenes de producción y la organización de la maquinaria al personal fijo operativo de la planta.

Respecto a los indicadores no son usados puntualmente los KPI, sin embargo, dentro de esta clasificación se considera el OEE, teniendo en cuenta con mucha importancia el sobrepeso en el producto empacado, scrap y gr/m^2 en producción.

Para el cálculo de los indicadores se tiene en cuenta el horómetro inicial y final por turno y telar, numero de rollos terminados, tiempo y causa de paradas, para el registro el operador para la producción aproximadamente 40 minutos antes de finalizar su turno, para el auxiliar de producción toma 3 o 4 horas introduciendo información, alimentando y tratando la base de datos hasta quedar lista para la lectura de indicadores y toma de decisiones por parte del departamento de ingeniería, luego toma sus funciones diarias, ambas funciones pueden desaparecer con la obtención inmediata y directa de la máquina.

Las paradas por fallas eléctricas y mecánicas son resueltas por el operador o el personal de mantenimiento, ocasionalmente tienen registro escrito y en las reuniones con el personal operativo son discutidas mas no condensadas para llevar un registro de ello.

2.3 INFORMACIÓN PREVIA

En el diagnostico evidenciamos que la información que es extraída de manera manual permite el desarrollo de un sin número de indicadores que permiten el conocimiento actual de la planta y la óptima planeación de la misma, sin embargo, también es visible la necesidad de inserción de tecnología en esta planta de producción, de manera que, logre ser más competitiva y estar a la vanguardia en el sector al que pertenece.

Este sistema productivo se puede ver afectado por varias razones que hemos analizado en los siguientes términos de la metodología PESTEL:

- **Políticos:** El producto varía en las ordenes de producción de acuerdo a factores coyunturales dada la naturaleza del producto al ser para obras. La herramienta entonces está sujeta a ello para la viabilidad de la implementación por la inversión en ella, un factor más para ser vital que no resulte costosa al empresario.
- **Económicos:** La inyección de inversión para tecnología no siempre es la más alta en empresas del sector productivo, se requieren soluciones económicas de fácil manejo para ser viable.
- **Socioculturales:** La resistencia al cambio y consideraciones de plantas de producción de bastante trayectoria complica la inserción de nuevas tecnologías en las compañías.
- **Tecnológicos:** Se requiere transformación digital, sin embargo, ello permite desarrollo de estrategias para métodos y tiempos, análisis de cargas, importante, hoy en día es

necesario que sean automatizados, con la herramienta puede lograrse de manera paulatina.

- Medio ambientales: El impacto resulta positivo al anular casi en su totalidad el uso de papel para registros, además del factor de COVID-19 (visto como factor tendencia), reduciendo el riesgo sanitario al reducir considerablemente la transmisión cruzada por contacto con este tipo de objetos.
- Legales: Por ahora no encontramos impedimento a ello, no obstante, debemos considerar políticas internas de tratamiento de datos descritos en el ítem (MARCO TEÓRICO)

2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS INDICADORES

Podemos clasificar los indicadores según su función de la siguiente manera:

Tabla 11. Indicadores del caso. Fuente: Propia, basada en información de Geosistemas PAVCO Wavin.

	PRODUCCIÓN	MANTENIMIENTO	FINANCIEROS
ACTUAL	Metros por segundo Horas programadas Horas efectivas Kg producidos Kg empacados Metros lineales producidos Metros lineales empacados Kilogramos de scrap	% de disponibilidad OEE Rendimiento Calidad Utilización GRP	OEU Utilización a 30 días por 24 horas Depreciación de maquinaria Consumo de energía
KPI PROPUESTO	Metros por turno Horas efectivas	OEE	Consumo energético

En este punto debemos tener en cuenta los indicadores KPI y OEE, con las siguientes características para la extracción y tratamiento indicado de datos, pertinencia, independencia, costo, confiabilidad, simplicidad, oportunidad, no redundancia, participación, disponibilidad y sensibilidad.

El indicador de productividad de metros por turno nos indica el avance de la orden de producción durante ese tiempo, además, puede medir el rendimiento del operador, al ser por

turno permite saber cuánto tiempo estuvo en operación la máquina, estableciendo un mínimo de cinco horas de operación para garantizar los 100 metros producidos en el turno. El OEE como medidor de la efectividad global de los equipos junto con estrategias de TPM es óptimo al momento de indicar el estado actual de la maquina en términos de mantenibilidad. Por último, el ahorro de energía fuera de ser un medidor puntual de consumo respecto a la producción indica si el estado de la maquinaria en cuanto a la mantenibilidad justifica o no el consumo energético por unidad de tiempo, el ahorro energético se da en porcentaje dado que por la naturaleza de la tarjeta de programación se reciben máximo 5 amperios, por lo que esta cantidad es 100%.; además, una manera de normalizar los mínimos y máximos variables entre maquinas según sus fichas técnicas, funciona como conversor para tener una medida estándar y comparable entre todos los equipos

Además de ello es importante considerar los indicadores cualitativos que nos serán relevantes en el desarrollo de estrategias para el control del mantenimiento, usando por ejemplo la estrategia LEM (lubricación, falla eléctrica, falla mecánica), integrado a la herramienta como un módulo de inserción de información únicamente por personal autorizado, para el ingreso de información de causa y estado de la solución.

Tabla 12. Tablero de control propuesto. Fuente: Propia.

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Unidad de medida	Objetivo	Frecuencia de medición	Optimo	Tolerable	Deficiente	Resultado	Responsable
Producción	Optimización de procesos productivos internos	Velocidad lineal	Metros /turno	100	Turno	80%	65%	40%		Gerente de operaciones
Mantenimiento	Facilitar la gestión de los recursos	OEE	%	70%	Hora	75%	65%	45%		Gerente de operaciones
Financiero	Garantizar la sostenibilidad del negocio	Ahorro energético	%	80%	Hora	75%	60%	40%		Gerente financiero

Los porcentajes fueron asignados de acuerdo a (Vieira & Santos, 2018), donde también mencionan que las pérdidas asociadas a disponibilidad corresponden a fallas, ajustes o set ups, las relacionadas a eficiencia son por inactividad y mermas de velocidad en el proceso y las respectivas a calidad son por rechazo o corrección y pérdidas de rendimiento, traducido entonces a porcentaje de scrap por kilogramo producido. Para la mejora de estas razones deben tenerse en cuenta conceptos de TPM en la toma de decisiones.

2.4.1 Fichas de indicadores.

Las siguientes fichas de indicadores documentan la información actual de la compañía de manera que pueda ser sistematizado e implementado en la herramienta creada, no son nueva información sino la sintetización de lo existente.

Ficha de indicador 1. Metros por segundo. Fuente: Propia.

METROS POR SEGUNDO	
PERSPECTIVA	Producción
DESCRIPCIÓN	
Permite obtener el avance en metros lineales respecto a la orden de producción establecida para cada telar	
METODOLOGIA	
se obtiene directamente del telar con el “cuenta metros”, dispositivo interno de la máquina que referencia el avance lineal del producto tejido, también se evidencia como el avance del producto terminado enrollado, al cambiar de referencia o bajar el rollo se reinicia	
UNIDADES	
Metros	
FRECUENCIA	
Constante, se registra al final del turno	
ECUACIÓN DE CALCULO	
$\frac{\text{Valor final Cuenta metros} - \text{Valor inicial Cuenta metros}}{\text{total de horas} * 3600}$	

Ficha de indicador 2. Horas programadas. Fuente: Propia

HORAS PROGRAMADAS	
PERSPECTIVA	Producción
DESCRIPCIÓN	
Horas realmente provistas y dispuestas de operación.	
METODOLOGIA	
Al finalizar el día, se asignan según el estado de operación de los telares los turnos completos, en caso de estar en mantenimiento o sin programa no se asigna turno luego se convierte a horas	
UNIDADES	
Horas	
FRECUENCIA	
Turno/Día	

ECUACIÓN DE CALCULO
$\frac{\text{Horas productivas}}{\text{Horas disponibles}}$

Ficha de indicador 3. Horas efectivas. Fuente: Propia

HORAS EFECTIVAS	
PERSPECTIVA	Producción
DESCRIPCIÓN	
Horas realmente operativas	
METODOLOGIA	
A las horas programadas se les resta tiempo de anudado, falla, revisión o ajuste, eléctrica/ mecánica, ajuste por reviente continuo de cinta, transferencia de trama, cambio de lizos, revisión de laboratorio	
UNIDADES	
Minutos	
FRECUENCIA	
Turno/Dia	
ECUACIÓN DE CALCULO	
$\text{Horas programadas} - \text{Horas efectivas}$	

Nota: Para establecer los máximos de horas programadas por turno remitirse a la Tabla

13.

Tabla 13. Máximas horas programadas por turno posibles. Fuente: Propia.

GRUPO	N° TELARES	TURNOS		
		1	2	3
1	8	64	128	192
2	10	80	160	240
3	9	72	144	216

Ilustración 10. Conglomerado de tiempo improductivo, sistema actual de la compañía. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin

Grupo	Tejar N°	Causa	Incidencia	UM	01-08	02-08	03-08	04-08	05-08	06-08	07-08	08-08	09-08	10-08	11-08	12-08	13-08	14-08	15-08	16-08	17-08	18-08	19-08
Grupo 1	1	Limpieza	Anudado	min																			
Grupo 1	1	Limpieza	Limpieza Programada	min			10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Grupo 1	1	Mantenimiento	Imprevisto Eléctrico	min							45							40		30			
Grupo 1	1	Mantenimiento	Imprevisto Mecánico	min			30	60							60	90	180			30			
Grupo 1	1	Mantenimiento	Lubricación	min			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Grupo 1	1	Mantenimiento	Sin Mecánico - Eléctrico	min																			
Grupo 1	1	Producción	Cambio de Referencia	min																			
Grupo 1	1	Producción	Carrete Enredado	min																			
Grupo 1	1	Producción	Hebras Perdidas	min																			
Grupo 1	1	Producción	Estudio laboratorio	min																			
Grupo 1	1	Producción	Falta de MMPP	min																			
Grupo 1	1	Producción	No Programado	min																			
Grupo 1	1	Producción	Reviente de Tramas	min			20	20	15	20	15	20	40	60	30	40	55	60	50	20	40	30	20
Grupo 1	1	Producción	Reviente de Urdimbres	min			55	58	50	62	40	39	117	155	89	109	162	189	147	60	110	78	65
Grupo 1	1	Producción	Ajustes Enhebrado	min																			
Grupo 1	1	Varios	Otros	min																			
Grupo 1	1	Varios	Refrigerio	min			15	15	15	15	15	15	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Grupo 1	1	Varios	Reuniones	min			150						120										
Grupo 1	2	Limpieza	Anudado	min																			
Grupo 1	2	Limpieza	Limpieza Programada	min											20	20		20	20	20	20	20	20
Grupo 1	2	Mantenimiento	Imprevisto Eléctrico	min																			
Grupo 1	2	Mantenimiento	Imprevisto Mecánico	min														60					
Grupo 1	2	Mantenimiento	Lubricación	min										10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Grupo 1	2	Mantenimiento	Sin Mecánico - Eléctrico	min																			
Grupo 1	2	Producción	Cambio de Referencia	min																			
Grupo 1	2	Producción	Carrete Enredado	min																			120

Ficha de indicador 4. Kilogramos producidos. Fuente: Propia

KG PRODUCIDOS	
PERSPECTIVA	Producción
DESCRIPCIÓN	
De acuerdo al denier y referencia del rollo	
METODOLOGIA	
Cuando cae el rollo de geotextil es pesado en las celdas de carga, ya sea uno a uno, generalmente por la construcción del tejido y el denier tienen un peso establecido por metro para mayor facilidad	
UNIDADES	
Kilogramos (Kg)	
FRECUENCIA	
Por rollo	
ECUACIÓN DE CALCULO	
Según referencia, denier y construcción	

Ficha de indicador 5. Kilogramos empacados. Fuente: Propia

KG EMPACADOS	
PERSPECTIVA	Producción
DESCRIPCIÓN	
En ocasiones el total de la tela producida no cumple con las condiciones de calidad, por lo que se corta y empata con nueva tela, provocando diferencia con los kilogramos producidos.	
METODOLOGIA	
Al terminar el rollo, pesarlo se hace el estudio de calidad, se empaca el rollo y se pesa para ser preparado y alistado para el transporte.	
UNIDADES	
Kilogramos (Kg)	
FRECUENCIA	
por rollo	
ECUACIÓN DE CALCULO	
Según referencia, denier, construcción y rechazo	

Ilustración 11. Falla de calidad, mal tejido. Fuente: PAVCO Wavin.



Ficha de indicador 6. Metros lineales producidos. Fuente: Propia.

METROS LINEALES PRODUCIDOS	
PERSPECTIVA	Producción
DESCRIPCIÓN	
Metros lineales de producto terminado enrollado	
METODOLOGIA	
Normalmente los rollos tienen establecidos un metraje	
UNIDADES	
Metros	
FRECUENCIA	
Por rollo	
ECUACIÓN DE CALCULO	
<p><i>Cantidad de rollos * Metros de cada uno</i></p> <p>O según cuenta metros</p>	

Ficha de indicador 7. Metros lineales empacados. Fuente: Propia.

METROS LINEALES EMPACADOS	
PERSPECTIVA	Producción
DESCRIPCIÓN	
En ocasiones el total de la tela producida no cumple con las condiciones de calidad, por lo que se corta y empata con nueva tela, provocando diferencia con los metros producidos.	
METODOLOGIA	
Al terminar el rollo, ajustar las hebras o metros necesarios, se hace la diferencia con los metros producidos y los realmente óptimos.	
UNIDADES	
Metros	
FRECUENCIA	
Por rollo	
ECUACIÓN DE CALCULO	

**Metros del rollo (cuentametros)
– Metros rechazados**

Ilustración 12. Falla de calidad, cinta mal extruida. Fuente: PAVCO Wavin.



Ficha de indicador 8. Kilogramos de Scrap (material de rechazo). Fuente: Propia.

KG DE SCRAP	
PERSPECTIVA	Producción/Calidad
DESCRIPCIÓN	
Material rechazado para reproceso	
METODOLOGIA	
<p>El material rechazado, ya sea cinta o tejido se dispone en bolsas por telar, al llenarse se recolecta se prensa y luego se pesa para ser peletizada y usada de nuevo.</p> <p>Útil como indicador de calidad, ya que relaciona la cantidad de producción mala, no conforme, o que no pase estudio de laboratorio respecto a la global.</p>	
UNIDADES	
Kilogramos (Kg)	
FRECUENCIA	
Según demanda	
ECUACIÓN DE CALCULO	
Según peso en la prensa	

Fotografía 4. Bolsas por telar para cinta reventada. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.



Ficha de indicador 9. Disponibilidad. Fuente: Propia.

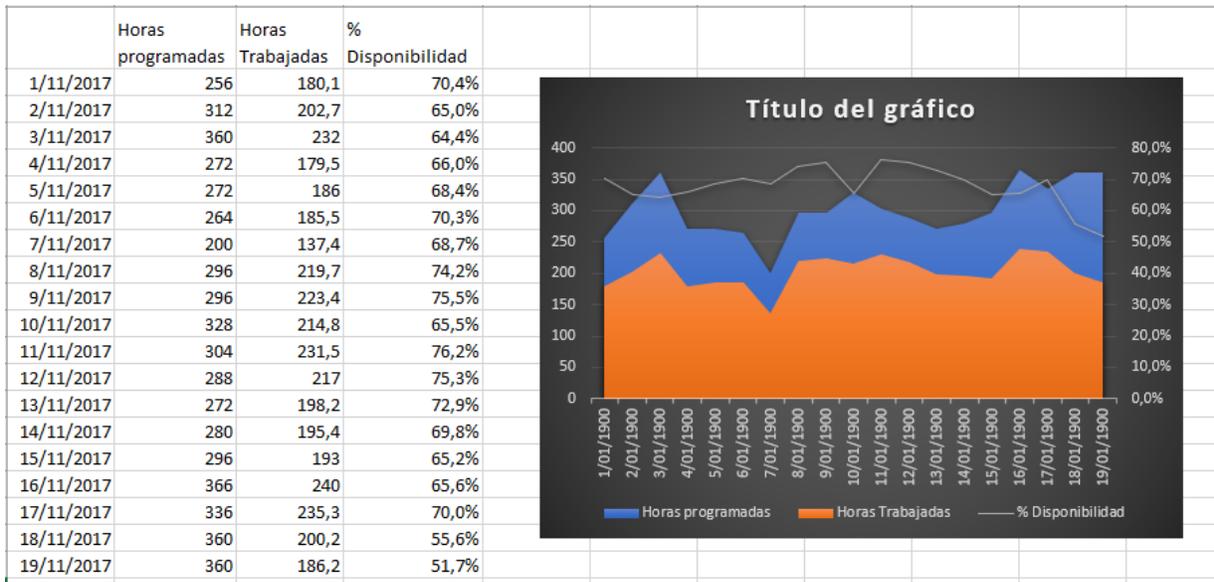
DISPONIBILIDAD	
METODOLOGIA	Mantenimiento
DESCRIPCIÓN	
Relación porcentual respecto a las horas programadas y las horas trabajadas	
METODOLOGIA	
Se revisan las horas programadas por turno, con respecto a las horas que trabaja el operario de cada turno.	
UNIDADES	
%	
FRECUENCIA	
Por turno	
ECUACIÓN DE CALCULO	
$\frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Horas programadas}} * 100$	

Ilustración 13. Indicadores de producción diario, noviembre 2017. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.

Valores		Q	R	S	T
Horas Programadas		5.720 h			
Horas Trabajadas		3.840 h			
Rendimiento Horas Programadas		10 Kg/h			
Rendimiento Horas Trabajadas		15 Kg/h			

FECHA	Horas Programadas	Horas Trabajadas	Mt Producción	Kg Producción	Kg Scrap
01/11/2017	256	180,1	3.820	2.616	12
02/11/2017	312	202,7	5.852	4.420	0
03/11/2017	360	232,0	5.279	3.777	0
04/11/2017	272	179,5	4.169	2.758	0
07/11/2017	272	188,0	4.284	2.818	5
08/11/2017	264	185,6	4.608	2.494	8
09/11/2017	200	137,4	3.130	1.525	0
10/11/2017	296	219,7	5.204	3.138	0
11/11/2017	296	223,4	6.578	4.193	0
14/11/2017	328	214,8	3.730	2.475	0
15/11/2017	304	231,5	6.474	3.803	0
16/11/2017	288	217,0	4.410	3.101	0
17/11/2017	272	198,2	6.892	3.982	8
18/11/2017	280	195,4	4.381	2.883	38
19/11/2017	296	193,0	4.044	2.650	0
20/11/2017	366	240,1	4.172	2.556	0
21/11/2017	336	235,3	6.854	4.215	0
22/11/2017	360	200,2	3.890	2.615	0
23/11/2017	360	186,0	3.180	2.584	0
Total general	5.720	3.840,0	90.927	58.580	71

Tabla 14. Disponibilidad tejidos noviembre 2017. Fuente: Geosistemas PAVCO Wavin.



Ficha de indicador 10. OEE. Fuente: Propia.

OEE	
PERSPECTIVA	Mantenimiento
DESCRIPCIÓN	
La efectividad total de los equipos permite crear una razón porcentual útil en la medición del aprovechamiento INTEGRAL de los telares.	
METODOLOGIA	
Para obtener el OEE se deben tener los cálculos de porcentaje de disponibilidad, rendimiento y calidad. Estos han sido calculados en anteriores indicadores.	
UNIDADES	
%	
FRECUENCIA	
Semanal	
ECUACIÓN DE CALCULO	
<i>Disponibilidad * Rendimiento * Calidad</i>	

Ficha de indicador 11. Rendimiento. Fuente: Propia.

RENDIMIENTO	
PERSPECTIVA	Mantenimiento
DESCRIPCIÓN	
El rendimiento mide la capacidad productiva de la maquina con respecto al tiempo que esta produce.	
METODOLOGIA	
Se tiene en cuenta el tiempo de cada turno, en este caso el tiempo total en el que la maquina podría estar funcionando y este es comparado con el tiempo en el que la maquina realmente está trabajando.	
UNIDADES	
%	
FRECUENCIA	

Día
ECUACIÓN DE CALCULO
$\frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Capacidad productiva}} * 100$

Ficha de indicador 12. Calidad. Fuente: Propia.

CALIDAD	
PERSPECTIVA	Mantenimiento/Calidad
DESCRIPCIÓN	
La calidad mide la cantidad de producto optimo con respecto a la cantidad de producción real	
METODOLOGIA	
Se tienen en cuenta la cantidad de kilogramos óptimos y aceptados por calidad, y no aceptados; con respecto a la cantidad de kilogramos producidos.	
UNIDADES	
%	
FRECUENCIA	
Por rollo	
ECUACIÓN DE CALCULO	
$\frac{\text{Metros óptimos}}{\text{Metros totales producidos}} * 100$	

Ficha de indicador 13. Utilización. Fuente: Propia

UTILIZACIÓN	
PERSPECTIVA	Mantenimiento
DESCRIPCIÓN	
Porcentaje entre horas productivas e improductivas	
METODOLOGIA	
Se tienen en cuenta las paradas justificadas e injustificadas de operación para el	

establecimiento de utilización de servicios de la maquinaria
UNIDADES
%
FRECUENCIA
Día
ECUACIÓN DE CALCULO
(Minutos productivos/minutos improductivos (no justificados)) *100

Ficha de indicador 14. OEU. Fuente: Propia.

OEU	
PERSPECTIVA	Financiero
DESCRIPCIÓN	
Indicador de utilización	
METODOLOGIA	
Tiempo operativo y capacidad disponible	
UNIDADES	
%	
FRECUENCIA	
Mensual	
ECUACIÓN DE CALCULO	
(Minutos productivos/minutos improductivos (no justificados)) *100	

Ficha de indicador 15. Consumo de energía. Fuente: Propia.

CONSUMO DE ENERGIA	
PERSPECTIVA	Financiero
DESCRIPCIÓN	
Mensualmente se recogen los indicadores de consumo de energía, con ello se ajusta financieramente el consumo puntual de la planta	

METODOLOGIA
Se recolecta la información de consumo de los tableros eléctricos, haciendo la diferencia con el consumo del mes anterior.
UNIDADES
kWh
FRECUENCIA
Mensual
ECUACIÓN DE CALCULO
<i>Consumo anterior – Consumo actual</i>

2.4.2 Causas de parada estandarizadas.

El tempario de la compañía actualmente indica las causas de parada normalizadas con tiempos establecidos proporcionalmente dada la ocurrencia típica del proceso, siendo ingresados al sistema igual siempre en caso de evidenciarse alguna de ellas por parte del operador en el formato de producción. Con ello pueden ser halladas medidas estadísticas tales como la desviación del tiempo previsto para la capacidad instalada respecto a la teórica, real, disponibilidad teórica y real

Tabla 15. Causas de parada estandarizadas - Tempario. Fuente: Geosistemas PAVCO

CAUSA	INCIDENCIA	TIEMPO JUSTIFICADO	CÓDIGO PROPUESTO
Limpieza	Anudado	480 minutos/turno	10
Limpieza	Limpieza Programada	10 minutos/turno	11
Mantenimiento	Imprevisto Eléctrico	-	40
Mantenimiento	Imprevisto Mecánico	-	20
Mantenimiento	Lubricación	10 minutos/turno	21
Mantenimiento	Sin Mecánico - Eléctrico	-	49
Producción	Cambio de Referencia	-	12
Producción	Carrete Enredado	-	-

Producción	Hebras Perdidas	-	-
Producción	Estudio laboratorio	-	70
Producción	Falta de MMPP	-	-
Producción	No Programado	-	97
Producción	Reviente de Tramas	30 minutos/turno	-
Producción	Reviente de Urdimbres	90 minutos/turno	-
Producción	Ajustes Enhebrado	-	13
Varios	Otros	-	90
Varios	Refrigerio	15 minutos/turno	95
Varios	Reuniones	-	96

De modo que con causas de paro establecidas se pueden definir los códigos de 00 a 99 como se propone en la Tabla 15, entonces encontramos las posibles causas de parada estandarizadas por el departamento de mantenimiento y producción de modo que bajo estas 18 fallas se justifica el tiempo perdido, no obstante, en un estudio más minucioso se encontraron otras cosas de constante o relevante incidencia que deben ser tenidas en cuenta en la estandarización de la siguiente manera

Tabla 16. Causas de parada propuestas. Fuente: Propia.

CAUSA	INCIDENCIA	CÓDIGO PROPUESTO
Balizas	Trama	1
	Urdimbre	2
	Mecánico/Eléctrico	3
Estado	ON	99
	OFF	98
Producto	Cambio de construcción	14
	Falta de M.P.	15
	Fin de programación	16
	Inicio	17

	Se completa pedido	18
	Atasque	19
Mtto. Mecánico	Recepción	22
	Disparo	23
	Regulador de tejido	24
	Regulador de urdimbre	25
	Enrollador	26
	Transmisión	27
	Marcos de tejido	28
	Dientes guía	29
	Acumulador	30
	Cuenta metros	31
Mtto. Eléctrico	Tablero de control	41
	Cableado	42
	Sensores	43
Trama	Reviente	50
	Paquete pequeño	51
	Trama gruesa	52
	Transferencia de trama	53
	Variación constante de denier	54
Urdimbre	Reviente	60
	Carrete muy tensionado	61
	Fin de urdimbre	62
	Hebras enredadas en orillo	63
	Paro por tensión mínima	64
	Reviente de urdimbre	65
	Urdimbre deshilachando	66
	Urdimbre destensionada	67
Calidad	No conformidad	71
	No pasa estudio de laboratorio	72

Considerando que las paradas son por turno y en proporción de los telares con programa asignado y los tiempos ociosos e improductivos resultaría de la siguiente manera en caso de el refrigerio, causa de tiempo improductivo inevitable:

$$\textit{Tiempo improductivo de anudado} = 15 \textit{ minutos} * 27 \textit{ telares} = 405 \textit{ minutos por turno}$$

$$\begin{aligned} \textit{Tiempo improductivo de anudado} &= 15 \textit{ min.} * 3 \textit{ turnos} * 27 \textit{ telares} \\ &= 1.215 \textit{ minutos diarios} \end{aligned}$$

De modo que con esta información se puede considerar que de los 12.960 minutos de operación de la planta se asigna un 9,38% del tiempo a esta parada, de igual manera se calcula para las demás paradas normalizadas con tiempo establecido en la Tabla 16.

Esta ocurrencia es importante en cuanto a la asignación de personal por turno, donde se requiere personal operador, anudador y auxiliar, se hace imprescindible el anudador por la demora de su trabajo y puntualidad de sus labores tal como el cambio de referencia, en caso de los operadores y el auxiliar se puede dar rotación entre ellos de acuerdo a su experiencia y habilidades según lo requiera la operación.

En este punto tenemos evidencia para orientar los KPI, según el objetivo deseado, estratégico (gestión global de la organización, resultados internos, final e impacto), táctico (orientado a cada centro de responsabilidad, indicadores de eficiencia, eficacia, económicos o de calidad) y operativo (operacionales, de gestión de insumos, productos, eficacia); por lo tanto, en esta fase tendremos en cuenta estratégicos en cuanto al uso de tiempo orientado hacia la creación de estrategias de disminución de tiempos ociosos e improductivos, tácticos con la medición de material entrante (también facilita el sistema de inventario), y operativos en la producción por hora.

Cabe mencionar que para el departamento de planeación es importante la normalización y estandarización de estos tiempos improductivos, tales como anudado, cambio de referencia, mantenimientos programados, que aunque no se ven reflejados en producto terminado es la preparación para la entrega con óptimos estándares de calidad de los mismos, luego en una siguiente fase, teniendo en cuenta los datos obtenidos y el análisis estadístico tener proporciones y límites de tiempo para todas las causas mencionadas parametrizando tiempos y causa de parada puntuales atribuidas a partes de la maquinaria o procedimientos de preparación precisos.

Los mantenimientos preventivos se planean de manera anual para todos los telares en una jornada intensiva, en complemento cada anudado o cambio de referencia se realiza una revisión y mantenimiento, esto ocurre en promedio quincenalmente.

Es importante recalcar que los telares planos son diseñados para parar, por cualquier motivo que altere la calidad del producto, además, cabe mencionar, en un rollo de geotextil pueden haber más de mil hebras de urdimbre, una rotura no reportada implica fallas en la construcción del tejido, anormalidad en su estándar e incumplimiento de las pruebas de calidad, motivo por el que fue diseñada la Tabla 16. Con la evaluación de paradas por este motivo se puede evaluar la calidad de cinta extruida para trama y urdido, ajustando así procesos previos desde indicadores de una sola parte de la línea de producción.

Considerando la resistencia al cambio como factor de incidencia en el éxito de la implementación de la herramienta la codificación se hizo entre 00 y 99 asemejando al inicio y fin de producción con todos los posibles inconvenientes inmersos, catalogando seguidamente según el proceso, personal a cargo y consecución de las posibles fallas respecto a otras, de modo que sea de fácil recordación, además de no ser en grandes cantidades por persona asignada para resultar un proceso paulatino de adaptación.

Estadísticamente los resultados pueden interpretarse en tablas estandarizadas de análisis y programación respecto a las ocurrencias e incidencia, estimando tiempos futuros y realizando pronósticos del comportamiento de la maquinaria teniendo en cuenta factores como cambio de referencias, turnos, personal, referencias puntuales por telar, estacionalidad, entre otros.

Considerando el personal como recurso pueden evidenciarse afectaciones en su tiempo productivo por la desviación a actividades que con la implementación de la herramienta pueden resultar innecesarias u obsoletas, beneficiando así a más de catorce personas operativamente y al departamento táctico-estratégico.

2.5 RECURSOS

Los recursos con los que se realizará el proyecto corresponden a una inversión propia, destinados a la compra de materiales, pruebas y desplazamientos en caso de ser necesarios. Sin embargo, se hace mención del personal de la compañía, dado que con su apoyo los datos son obtenidos.

2.5.1 Humanos.

Requerimos el apoyo del tutor disciplinar, estudiantes autores del proyecto en cuanto a la elaboración, desarrollo, comunicación y capacitación, y en caso de ser necesario una persona para instrumentar la máquina. Es posible que dado a la naturaleza de la herramienta a desarrollar necesitemos apoyo de compañeros o profesores de otras carreras, en cuanto al enfoque de la herramienta usos y determinación de toma de decisiones será nuestra responsabilidad.

En cuanto al recurso humano de la compañía se evidencian las siguientes categorías operativas y técnicas

Tabla 17. Recursos operativos. Fuente: Propia.

ÁREA	MÁQUINA	PERSONAL	CANTIDAD
Extrusión	Extrusora	Operador	1
	Enconadora	Auxiliar	2
Urdido	Urdidor	Operador	1
	Enconadora	Auxiliar	2
Tejido	Telares	Operador	3
		Anudador	1
		Auxiliar	1
Empaque	Plancha	Operador	1

Nota: La descripción anterior corresponde a cada turno

2.5.2 Técnicos.

Para el desarrollo del proyecto requerimos un sistema de producción con características cualitativas viables para la medición, adquisición de tecnología, capacitación, computadoras, herramientas de desarrollo, equipos, acceso a internet, recursos tecnológicos en cuanto software tales como el sistema de administración de información, sistema de respaldo de información (back up), sistema de protección (antivirus), guías tales como normas técnicas y políticas de seguridad, manejo y tratamiento de la información basados en el marco legal.

Tabla 18. Personal técnico. Fuente: Propia.

ÁREA	PERSONAL	CANTIDAD
Tejido	Técnico mecánico	1
	Técnico eléctrico	1

Nota: La descripción anterior corresponde a cada turno

2.5.3 Financieros.

El recurso financiero será en gran parte por parte de los estudiantes, en el título

“PRESUPUESTO” se discriminan los ítems y los rubros.

3 SISTEMATIZACIÓN DE DATOS PARA EL CRECIMIENTO 4.0

3.1 SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA

Para el desarrollo es necesario el establecimiento de las herramientas sobre las que se va a desarrollar el instrumento, para lo que se ha desarrollado una matriz de evaluación.

Tabla 19. Matriz de evaluación para herramienta. Fuente: Propia.

Variable	Descripción	Criterios						Total	
		Costo	Instrumentalización	Infraestructura	Facilidad de manejo	Seguridad	Mantenimiento		Riesgo
PLC	Controlador lógico programable, computadora utilizada en la automatización industrial	2	3	3	1	4	3	3	19
PC	Controlador que ejecuta comandos para convertirlos en datos convenientes y útiles que posteriormente se envían a las unidades de salida.	1	3	1	1	4	2	4	16
Interfaz HDMI	Herramienta de visualización de información y datos	3	4	2	3	3	2	3	20
App. Propia	Aplicación de uso dedicado para la recolección, almacenamiento de datos en tiempo real desde el proceso productivo para desarrollar informes de KPI y OEE	4	2	2	4	3	3	4	22

CRITERIOS DE DECISIÓN: Cada ítem fue evaluado en una escala de 1 a 5, donde 1 era el menos conveniente y 5 el más.

- Costo: de 1 a 5, donde 1 es el más costoso y 5 el menos.

- Instrumentalización: Requerimientos de adaptación de maquinaria, donde 1 requiere una considerable cantidad de componentes y 5 pocos.
- Infraestructura: Requerimientos de adaptación para cableado, facilidad de mantenimiento y manipulación, donde 1 lo dificulta y 5 lo facilita.
- Facilidad de manejo: Capacitación necesaria para el manejo y comprensión de la información y el método, donde 1 requiere alta capacitación y 5 poca.
- Seguridad: Seguridad de la información contenida, probabilidad de ser vulnerada, alterada o extraída, donde 1 es alta y 5 es baja.
- Mantenimiento: Necesidad de actualizaciones, adaptaciones, reparaciones por la naturaleza del equipo, donde 1 es alto y 5 es bajo.
- Riesgo: Riesgo de alteración de información, pérdida de datos, alteraciones por irregularidades eléctricas o no controlables, donde 1 es alto y 5 es bajo.

Luego del análisis se optó por la aplicación propia dado que obtuvo el más alto puntaje en los requerimientos establecidos, además de ser considerado bajo herramientas ya existentes, cuyo factor diferenciador más marcado es el costo y la facilidad de manejo.

Tabla 20. Cuadro comparativos software para bases de datos. Fuente: Propia.

SOFTWARE	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ACCESS	Pertenece a MICROSOFT. Formularios disponibles. Método simple. Herramienta visual.	Asequible para personas con poco conocimiento en manejo de base de datos. Crea varias vistas para una misma información.	No es multiplataforma. No funciona con bases de datos grandes, tanto de registros como de usuarios.
SQLITE	Los tipos de datos se asignan a valores individuales y no a la columna como la mayoría de los SGBD*.	Multiplataforma. No requiere servidor. Acceso rápido. No requiere configuración.	El dinamismo de los datos hace que no sea portable a otras bases de datos.

SQL SERVER	Software propietario. El lenguaje es ISQL.	Multiplataforma, aunque pertenece a Microsoft. Transacciones.	Requiere mucha RAM. Inferior a ORACLE. Relación Calidad/Precio. Tamaño de página fijo y pequeño.
MYSQL	Pertenece a Oracle. Licencia GPL/Licencia Comercial.	Agrupación de transacciones. Distintos motores de almacenamiento. Instalación sencilla. Free.	No tiene soporte. Capacidad limitada.
POSTGRESQL	Tiene la extensión POSTGIS para bases de datos espaciales.	Código abierto y gratuito, multiplataforma. Gran volumen de datos. Transacciones, disparadores y afirmaciones.	Respuesta lenta. Requiere Hardware. No es intuitivo.
ORACLE	Dispone de su propio lenguaje PL/SQL. Soporta bases de datos de gran tamaño.	Es el más usado a nivel mundial. Multiplataforma. Es intuitiva y fácil de usar.	Precio muy elevado.

*SGBD. Sistemas de gestión de bases de datos

Por las características dadas se opta por MYSQL dada su naturaleza, capacidad, interfaz y manejo; de acuerdo a esta decisión se procede a decidir bajo que herramienta de hardware se manejarán los datos, con las siguientes opciones:

Tabla 21. Comparación de características para hardware de la herramienta. Fuente: Propia.

HARDWARE	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PC	Controlador que ejecuta comandos para convertirlos en datos convenientes y útiles que posteriormente se envían a las unidades de salida.	Manipulación de datos en grandes proporciones	Alto costo volumen
RASPBERRY	Placa computadora de bajo coste	Bajo costo Fácil implementación No requiere mucha infraestructura dadas sus proporciones Fácil manejo	Lenguaje de manejo diferente Almacenamiento variable

ARDUINO 1	Placa de microcontrolador de código abierto basado en el microchip ATmega328P y desarrollado por Arduino.cc	De acuerdo a sus especificaciones contiene o no módulo de comunicación	Se requiere uno por cada máquina a instrumentar. Aumenta los costos de implementación Requiere adecuación de infraestructura Requiere el módulo de Wi-Fi para la comunicación de datos
ARDUINO ESP8266MOD	Chip Wi-Fi de bajo coste con pila TCP/IP completa y capacidad de MCU (Micro Controller Unit) producida por el fabricante chino Espressif Systems,	Capacidad de almacenamiento y transmisión de información Tamaño	Programación más difícil

Para tomar la decisión respecto a la herramienta se realizó una matriz de evaluación:

Tabla 22. Matriz de evaluación para herramienta de hardware. Fuente: Propia.

Variable	Descripción	Criterios				Total
		Costo	Instrumentalización	Infraestructura	Seguridad	
PC	Controlador que ejecuta comandos para convertirlos en datos convenientes y útiles que posteriormente se envían a las unidades de salida.	1	1	2	4	8
RASPBERRY	Placa computadora de bajo coste	3	4	4	4	15
ARDUINO 1	Placa de microcontrolador de código abierto basado en el microchip ATmega328P y desarrollado por Arduino.cc	4	2	2	3	11
ARDUINO ESP8266MOD	Chip Wi-Fi de bajo coste con pila TCP/IP completa y capacidad de MCU (Micro Controller Unit) producida por el fabricante chino Espressif Systems,	4	4	3	3	14

CRITERIOS DE DECISIÓN: Cada ítem fue evaluado en una escala de 1 a 5, donde 1 era el menos conveniente y 5 el más.

- Costo: de 1 a 5, donde 1 es el más costoso y 5 el menos.
- Instrumentalización: Requerimientos de adaptación de maquinaria, donde 1 requiere una considerable cantidad de componentes y 5 pocos.
- Infraestructura: Requerimientos de adaptación para cableado, facilidad de mantenimiento y manipulación, donde 1 lo dificulta y 5 lo facilita.
- Seguridad: Seguridad de la información contenida, probabilidad de ser vulnerada, alterada o extraída, donde 1 es alta y 5 es baja.

Por ello hemos decidido por la Raspberry dada su autonomía en comunicación, variabilidad que puede ser traducida a personalización de acuerdo a lo que requiera cada compañía, sistema operativo ligero, dinámico y open source o código abierto se desarrolla de manera descentralizada y colaborativa, lo que se traduce a cero costos de licenciamientos, sin embargo, en el desarrollo evidenciamos la necesidad del módulo Arduino ESP8266MOD para evitar la excesiva instrumentación de la maquinaria.

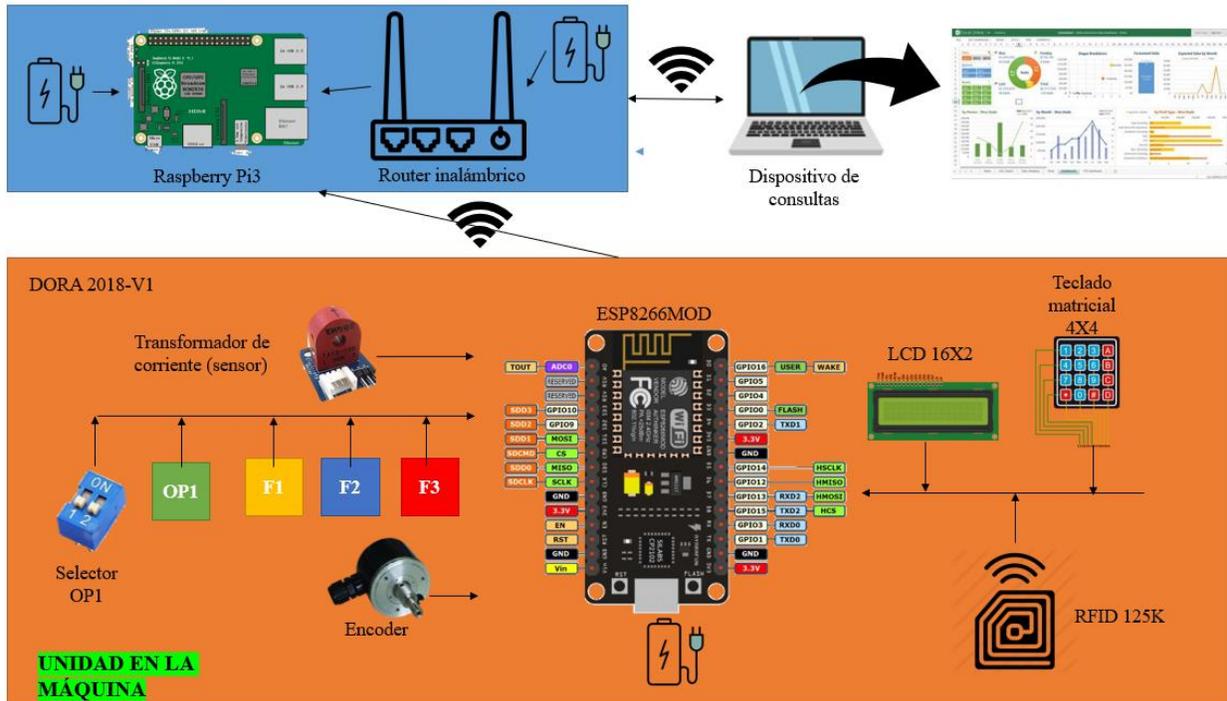
El sistema operativo a usar es Ubuntu 18.04, en una Raspberry Pi 3, con 2Gb de RAM y 16Gb de almacenamiento, para el desarrollo de la herramienta se tuvieron en cuenta los aplicativos pertinentes a LAMP que son: Linux como base del sistema operativo, Apache como servidor de aplicaciones, MYSQL para el almacenamiento de datos, y PHP para el procesamiento dinámico de datos.

3.2 DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA

Primero se obtuvo la herramienta de tratamiento de datos, conformada por el impreso con el ARDUINO ESP8266MOD y un Encoder principalmente para la obtención de datos de

producción lineal y de consumo de energía que permite la planeación de mantenimientos programados preventivos, de allí la información va a la Raspberry que contiene la información en bases de datos para ser transmitida vía Wi-Fi a la computadora del encargado de producción.

Diagrama 2. Diagrama del funcionamiento del aplicativo. Fuente: Propia.



Como se evidencia en el Diagrama 2 la herramienta funciona con dos módulos, el primero (de color naranja) es el encargado de captar las señales digitales o análogas que indiquen si la maquina se encuentra en estado de operación y razón de falla o parada que indiquen si la maquina se encuentra en estado de operación y razón de falla o parada; está conformado por:

- ESP8266MOD: Para lograr la comunicación con los demás componentes de entrada de señal se hace principalmente con las siguientes entradas y salidas
 - mediante I²C*, con el teclado matricial y la pantalla
 - HCS: al ser entradas rápidas de pulso de reloj es preciso para la conexión al ENCODER

- ADCO: entrada analógica de 1 a 3,3 voltios; permite la conexión con el transformador de corriente y conocer sus infinitos puntos de variación
- 3,3V: entrada de corriente
- GND: GROUND tierra
- Lector RFID de 125K: para ingresar el código de falla en el teclado matricial el operador encargado debe identificarse a través de una tarjeta de proximidad de 125K
- Teclado matricial: El operador luego de identificarse ingresa un código de causa de parada o falla entre 000 y 999
- Pantalla: allí se visualizará el estado de la máquina, la identificación del operador al usar la tarjeta de proximidad y confirmación de envío de datos
- Selector por OP1: es importante configurar el modo de toma de datos ya sea por ENCODER o por señales análogas, dado que para el caso de estudio el 74% de la maquinaria cuenta con ENCODER, los demás necesitan un método diferente de adquisición de datos, por estandarización se hace esta una manera sencilla de agrupar todo
- F1, F2, F3: señales de parada, obtenidas de las luces de balizamiento
- Transformador: la maquina tiene un consumo establecido de electricidad por diseño, al detectar altas o bajas en la operación se puede establecer necesidades de mantenimiento, asignación específica de referencia por telar en caso de optimizar su funcionamiento, creación de planes de mantenimiento por consumo en horas o por alteración.

*I²C estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de "inteligencia", sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa (Carletti, n.d.)

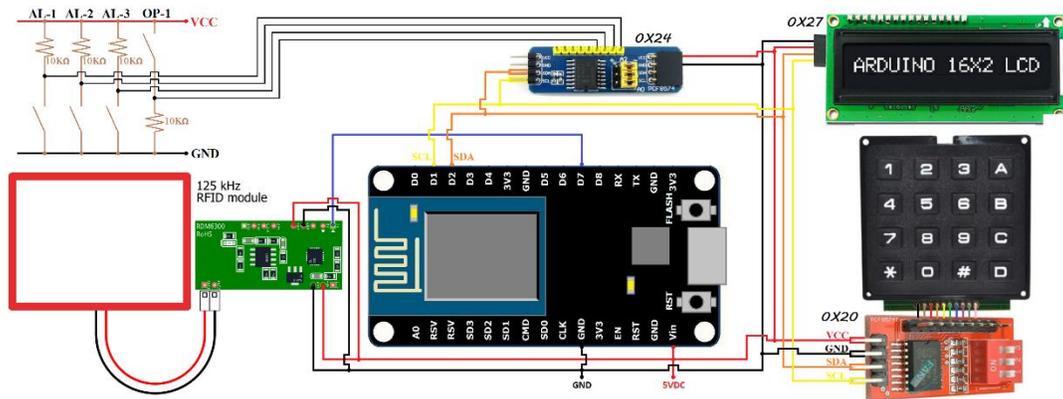
En el segundo modulo (azul), denominado DORA V1.0 se encuentra el Router inalámbrico que conectado vía LAN de 100 megabytes a la Raspberry recibirá los datos y serán condensados en la base de MYSQL, mostrados a través del publicador web APACHE visualizados y extraídos desde la dirección IP del mismo.

El envío de datos se da a través del Arduino, cuando detecta que el estado en OP1 es verdadero envía el código para ser escrito en el servidor LAMP. El objetivo innovador es poder tener estos datos en tiempo real, así que cada hora haya o no causa de falla se enviara la producción en metros lineales, tiempo de operación y consumo de energía al servidor, así no habrá que esperar a que sea al final del turno o del día, o en caso tal de una falla eléctrica no se perdería tanta información, además de relacionar bajas de producción con causas de paro

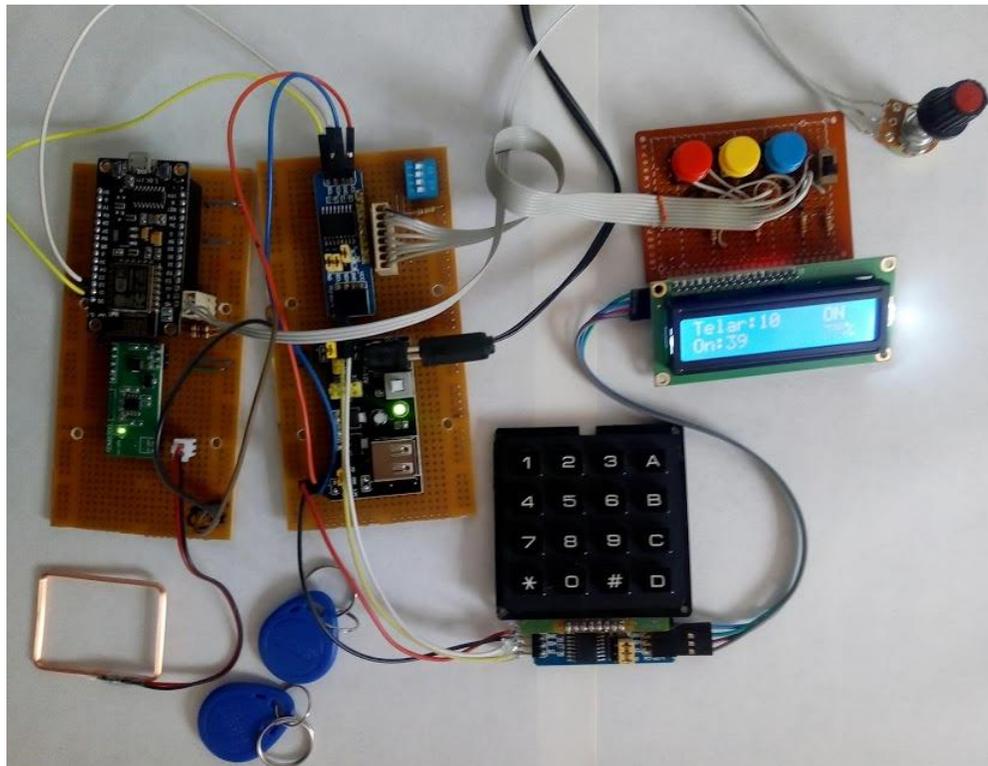
De manera que la información es abstraída de la maquinaria, comunicada a través de un Router, que en comunicación con la Raspberry condensa y extrae la información a una computadora, ello libre de cableado, permitiendo que sea visualizada desde cualquier dispositivo con comunicación móvil a través de la dirección IP, para ser visualizado será a través de Excel en Dashboards para ser más intuitiva, únicamente con la información que realmente le interesa al tomador de decisiones para la creación de planes de acción.

En una siguiente fase se propone con una mayor inversión lograr subir esta información a la nube, de modo que desde cualquier parte del mundo la información pueda ser visualizada, por ahora solo puede hacerse bajo la misma red

Ilustración 14.. Esquemático DORA VI. Fuente: Propia.



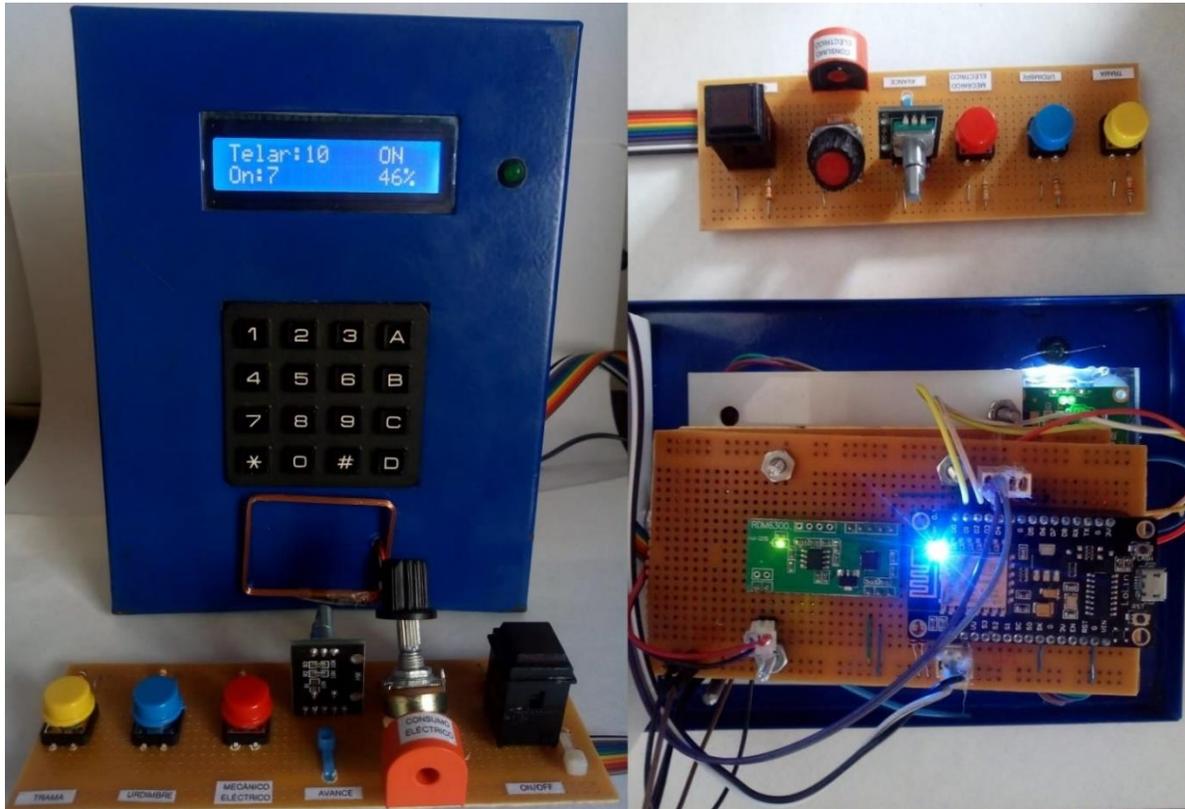
Fotografía 5. Prototipo de DORA V.1 en desarrollo previo al montaje. Fuente: Propia.



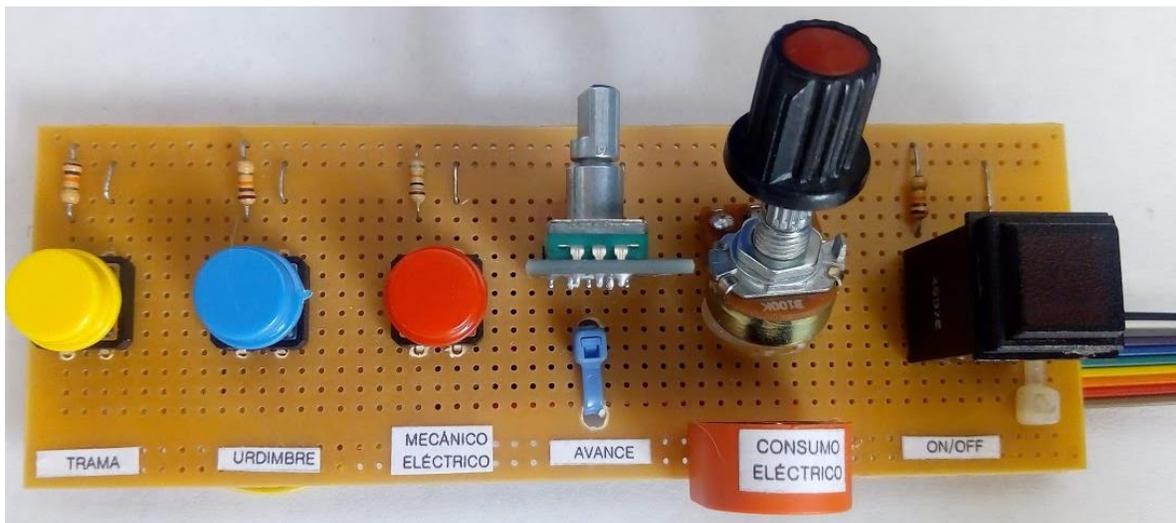
En el desarrollo de la herramienta se creó un simulador, en primera instancia para pruebas y testeos previos al montaje de la herramienta en un telar, luego de testeos de buen montaje, procedimos a montarlo en una caja, para que todos los elementos tuvieran estructura, orden de

comunicación, facilidad de movimiento, y rigidez, además de hacerlo más robusto a la manipulación.

Fotografía 6. Montaje de prototipo en caja de ensamble vista posterior (derecha) y frontal (izquierda). Fuente: Propia.



Fotografía 7. Módulo de simulación con nomenclatura. Fuente: Propia.



Como se mencionó previamente se hizo necesaria la creación de un módulo de simulación, donde se encuentran los botones de falla por defecto del telar, por rotura de trama o urdimbre y mecánico o eléctrico, luego el módulo de avance lineal con un Encoder tipo rotatorio potenciómetro, de tal manera que represente el incremento o disminución porcentual de corriente con su respectivo sensor de corriente para la conversión de magnitud de alto consumo a 5 voltios para la estandarización, por último el botón de encendido o apagado.

3.3 METODOLOGÍA DE USO Y MANEJO

La herramienta será instalada en el tablero eléctrico del telar, como se muestra en la Fotografía 8. Telar Sultzer. Fuente: Propia., donde no está sometida a ruidos del sistema o a golpes, y donde se puede extraer la información de material entrante (trama y urdimbre), producto en proceso y metros terminados. El funcionamiento y exportación de la información se explica en el Diagrama 3.

Fotografía 8. Telar Sultzer. Fuente: Propia.



La herramienta será puesta en la zona que se ilustra en la fotografía, dentro del tablero, de modo que no esté expuesto y pueda ser golpeado, consideramos que no es necesario ningún amortiguamiento a pesar del movimiento intenso de la máquina, la probabilidad de que el ruido de ella afecte la herramienta y la comunicación de datos es mínima. Esta posición resulta estratégica dado que allí resulta sencillo obtener la información de cinta entrante y tela saliente.

Para la visualización de la información se requiere la creación de un sitio Web de extracción de datos y una macro para el Dashboard de visualización de información más puntual y relevante en Excel.

3.3.1 Instrumentos de monitoreo de los procesos de producción y mantenimiento

El monitoreo de los procesos se logra de manera en la que la maquinaria o elemento de extracción de información emita señales de falla y operación, para obtener información de productividad. Para ello se requiere:

- Equipo emisor de señales de alerta, fallo o parada
- Modulo ESP8266MOD
- Raspberry
- Router
- Computadora

Todos los elementos mencionados anteriormente estarían conectados a un Arduino con Wi-Fi (ESP8266MOD), las señales digitales de fallo y operación serán procesadas en el programa luego serán enviadas vía Wi-Fi a la base de datos, donde la información de los eventos del equipo o maquina será condensada lista para tratamiento, revisión y análisis.

La información requerida para los indicadores no es más que tiempo efectivo, dado que las horas programadas partirán del supuesto de 480 minutos/turno.

3.3.2 Diseño de adquisición de información

La adquisición de información se dará en este caso a través de un Encoder, codificador rotatorio o de pulsos, de modo que actúe como interfaz entre el movimiento mecánico y un controlador, convirtiendo la señal eléctrica en un sistema de control de movimiento; también puede ser usado un transformador de corriente, teniendo conocimiento y control de la energía utilizada por unidad de tiempo se pueden crear planes de mantenimiento, evitando así los correctivos. Adicional a ello se requiere el ingreso de información de tipo cualitativa, en este caso se usará un teclado para emitir códigos puntuales de falla.

Es importante mencionar que 20 de las 27 máquinas a investigar contienen sistema propio de adquisición de datos, lo que disminuye la instalación de instrumentalización.

Tabla 23. Tipificación para abstracción de información de los telares. Fuente: Propia.

TELAR	GRUPO	ENCODER		TIPO
		SI	NO	
1	1	X		Con cuadratura
2	1	X		Con cuadratura
3	3	X		Con cuadratura
4	1	X		Con cuadratura
5	1	X		Con cuadratura
6	1	X		Con cuadratura
7	1	X		Con cuadratura
8	1		X	No presenta
9	1	X		Con cuadratura
10	1	X		Con cuadratura
11	1	X		Con cuadratura

12	3		X	No presenta
13	1	X		Con cuadratura
14	2	X		Con cuadratura
15	2		X	No presenta
16	2	X		Con cuadratura
17	2	X		Con cuadratura
18	2	X		Con cuadratura
19	2		X	No presenta
20	2		X	No presenta
21	2		X	No presenta
22	3	X		Con cuadratura
23	2	X		Con cuadratura
24	3	X		Con cuadratura
25	3		X	No presenta
26	3	X		Con cuadratura
27	3		X	No presenta

Diagrama 3. Funcionamiento de la aplicación. Fuente: Propia.

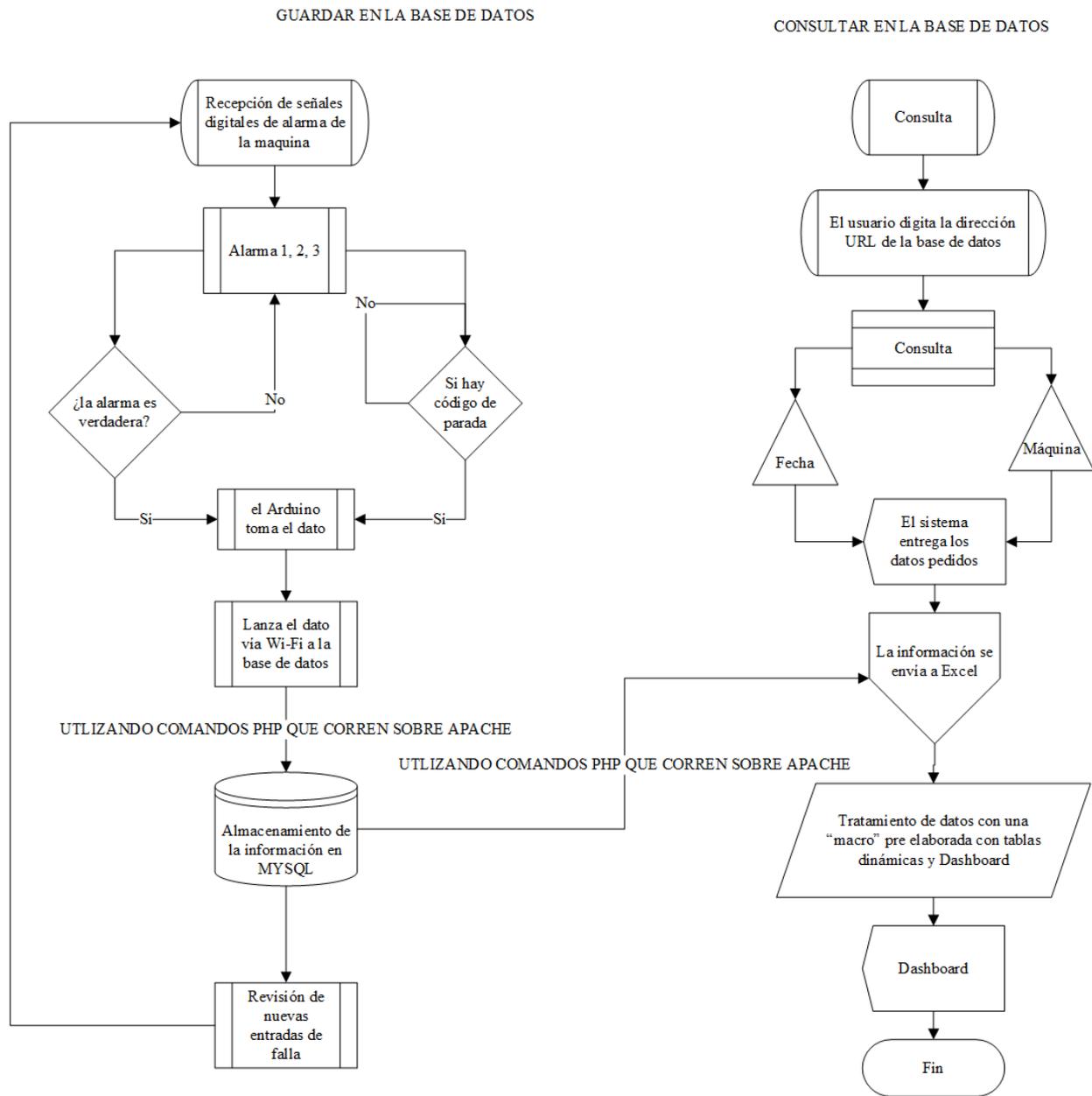
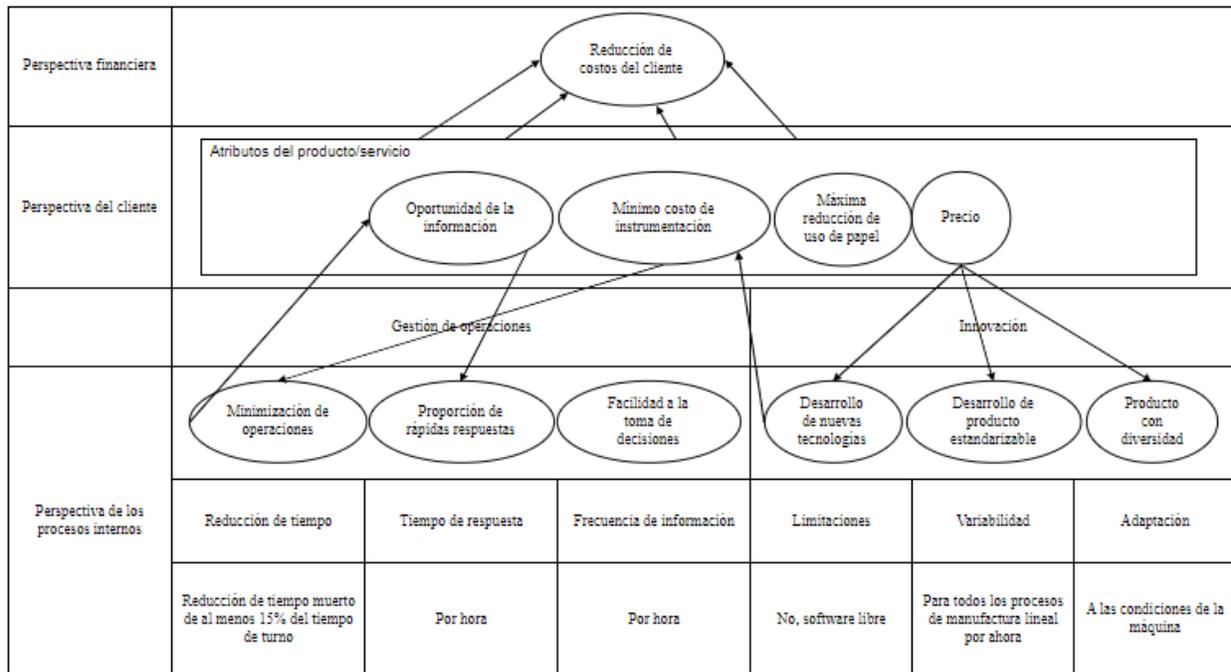


Diagrama 4. Mapa estratégico. Fuente: Propia.



3.3.3 Definición de software de almacenamiento.

El software de almacenamiento se rige bajo LAMP, acrónimo de la estructura de internet basado en las siguientes herramientas:

- Linux: sistema operativo, núcleo de sistema operativo libre tipo Unix.
- Apache: servidor web libre y de código abierto, sirviendo de hecho como plataforma de referencia para el diseño y evaluación de otros servidores web.
- MySQL/MariaDB: Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD) relacional, que utiliza SQL, multihilo y multiusuario del que se estiman más de un millón de instalaciones.
- PHP: “Hypertext Preprocessor” lenguaje de programación para producir sitios web dinámicos

Cabe mencionar que esta tecnología no fue netamente desarrollada para trabajar entre sí, pero dadas las condiciones de código abierto, su bajo coste, fácil acceso a sus componentes y herramientas al combinarse brindan un sin número de soluciones semejantes a los servidores.

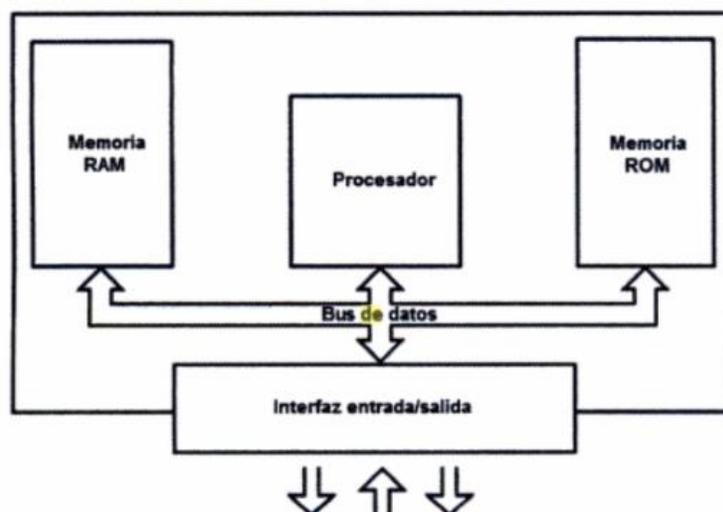
Desarrollar la herramienta que permita el monitoreo de indicadores de procesos de producción y mantenimiento a través de dispositivos IoT y bases de datos.

La herramienta se compone de la unión de la tarjeta multipropósito ESP8266MOD a una segunda placa que permitirá la interconexión de señales provenientes en este caso del telar a las entradas de tipo GPIO (General Purpose Input/Output, Entrada/Salida de Propósito General), de tipo programables o controlables por el usuario en tiempo de ejecución; de esta manera y con el software de código abierto se permite el envío de información directa a la base de datos

Para ello tuvimos en cuenta el funcionamiento y bases teóricas de:

Los fundamentos del Arduino, como simplificación de un ordenador en un circuito impreso, con conectores que aseguran la interfaz con el mundo exterior, que junto a la RAM Y ROM en estrecha cooperación garantizan el correcto funcionamiento de un ordenador

Ilustración 15. Funcionamiento de un ordenador. Fuente: (Goilav, Nicolas; Loi, 2016)



“Las herramientas y los kits de desarrollo permiten gestionar muy fácilmente la programación a través de interfaces gráficas de usuario de alto nivel que siguen al diseñador paso a paso en la implementación del código máquina en el microcontrolador, disponiendo, además, de librerías y funciones para hacer muy sencilla la escritura del código”. (Goilav, Nicolas; Loi, 2016)

Raspberry,

“Es importante recordar que la Raspberry Pi es una computadora y, de hecho, puede usarla como una. Después de ponerla en funcionamiento, puede elegir que se inicie en un entorno de escritorio gráfico con un navegador web, que es mucho para lo que usamos las computadoras en estos días. Más allá de la web, puede instalar una amplia variedad de software gratuito, ... dado que la Raspberry Pi está pensada como una herramienta educativa para animar a los niños a experimentar con las computadoras, viene precargada con intérpretes y compiladores para muchos lenguajes de programación diferentes... escribe programas para tu Raspberry Pi en muchos lenguajes de programación diferentes como C, Ruby, Java y Perl” (Richardson, Matt; Wallace, 2013)

De los switch inalámbricos, router o enrutadores, pertenece a la lista de equipos para tener conexión a internet.

“un router puede concebirse como una computadora de propósito específico, en contraposición a una computadora personal a la que suele caracterizarse como de “propósito general”... configurar un router significa establecer los valores de una serie de parámetros de funcionamiento de este sistema operativo tales como, por ejemplo, el nombre de host del router o las direcciones IP de sus interfaces de red, habilitar la

ejecución de ciertos procesos como, por ejemplo, el encaminamiento de datagramas IP mediante los protocolos de encaminamiento RIP o IGRP, entre otros... Considerado el router, entonces, como una computadora especial, entre sus componentes de hardware principales se encuentran un procesador, encargado de la ejecución de tareas y procesos, una placa madre y distintos tipos de memorias, así como ranuras o “slots” de expansión y dispositivos para la entrada y salida de datos” (Matturro et al., 2007)

Fuente de alimentación de 110 a 5V, para alimentar la raspberry,

Señales digitales provenientes en este caso de las luces de balizamiento, horómetros y cuenta metros.

Señal análoga (transformador de corriente), la energía nos ayuda a determinar las alertas por corrientes nominales, desgastes de piezas, entre otras fallas, o por consumo netamente para programar mantenimientos, por ejemplo.

Ilustración 16. Modulo ESP8266MOD. Fuente: Arduino.



Ilustración 17. Captura de programación de ESP8266MOD en Arduino 1.8.3 para la extracción de datos. Fuente: Propia.

```
Proyecto_V1 Arduino 1.8.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Proyecto_V1
1 #include <Wire.h> //Libreria Para Interconectar Dispositivo Bus I2c
2 #include <I2CKeyPad.h> //Libreria Para Utilizar El Teclado Lcd Por El Protocolo I2C
3 #include <LiquidCrystal_I2C.h> //Libreria Para Utilizar El Display Lcd Por El Protocolo I2C
4 #include <PCF8574.h> //Libreria Para Utilizar El Modulo De Ampliacion I/O
5 #include <ESP8266WiFi.h> //Libreria Para Utilizar Modulo ESP8266 NodeMcu
6 #include <SoftwareSerial.h> //Libreria Para Utilizar El Modulo Rfid Por el Puerto Serial Auxiliar
7 #include <RDM6300.h> //Libreria Para Utilizar El Modulo RDM6300
8
9 SoftwareSerial RFID(13, 15); //Define el pin 13=D7=Rx y el pin 15=D8=Tx
10 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //Parametros de la LCD (Direccion I2C, Columnas, Filas)
11
12 const uint8_t KEYPAD_ADDRESS = 0x20; //Define la direccion del modulo Pcf8574 correspondiente al teclado matricial
13 I2CKeyPad keyPad; //Define El Objeto Para Utilizar El Teclado Matricial
14
15 PCF8574 pcf8574(0x24); //Define la direccion del modulo Pcf8574 correspondiente a la Expansion De I/O's
16
17 uint8_t idx =0; //Indice para utilizar con el teclado
18 uint8_t lk =0; //Valor capturado con el teclado
19
20 uint8_t Payload[10]; //
21 uint8_t c; //
22 const byte Pulsador = P3; //
23 const byte Pulsador1 = P0; //
24 const byte Pulsador2 = P1; //
25 const byte Pulsador3 = P2; //
26 const int Trafo_Corriente = A0; //
27 unsigned long usuario; //
28 int ubicacion = 5; //
29 unsigned datol; //
Error descargando https://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json
1 NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module), 80 MHz, Flash, Legacy (new can return nullptr), All SSL ciphers (most compatible), 4MB (FS:2MB OTA~1019KB), 2, v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 en COM5
```

Para la programación del módulo Arduino se usó el programa Arduino 1.8.13 bajo lenguaje de programación basado en C++.

Ilustración 18. Raspberry Pi 3. Fuente: Raspberry Pi.



Ilustración 20. Tabla de productividad de la interfaz phpMyAdmin. Fuente: Propia.

	id	maquina	CuentaOn	Porcentaje	fecha
<input type="checkbox"/>	1	10	129	43	2020-10-11 16:59:32.087102
<input type="checkbox"/>	2	10	126	54	2020-10-11 17:01:37.000275
<input type="checkbox"/>	3	10	0	86	2020-10-11 17:11:40.209800
<input type="checkbox"/>	4	10	82	83	2020-10-11 17:19:23.127965
<input type="checkbox"/>	5	10	127	99	2020-10-11 17:21:49.891842
<input type="checkbox"/>	6	10	123	96	2020-10-11 17:23:33.379525
<input type="checkbox"/>	7	10	1	60	2020-10-11 17:33:06.248729
<input type="checkbox"/>	8	10	0	60	2020-10-11 17:35:48.094991
<input type="checkbox"/>	9	10	99	79	2020-10-11 17:38:30.872459
<input type="checkbox"/>	10	10	103	76	2020-10-11 17:44:17.963151
<input type="checkbox"/>	11	10	0	76	2020-10-11 17:46:24.866191
<input type="checkbox"/>	12	10	0	76	2020-10-11 17:48:25.848119
<input type="checkbox"/>	13	10	0	76	2020-10-11 17:50:30.098632
<input type="checkbox"/>	14	10	0	76	2020-10-11 17:52:36.062357
<input type="checkbox"/>	15	10	0	76	2020-10-11 17:54:45.289061
<input type="checkbox"/>	16	10	0	76	2020-10-11 17:56:47.263850
<input type="checkbox"/>	17	10	8	42	2020-10-11 17:58:51.978338
<input type="checkbox"/>	18	10	81	50	2020-10-11 18:03:07.205643
<input type="checkbox"/>	19	10	119	50	2020-10-11 18:05:12.218234

Ilustración 21. Tabla de mantenimiento de la interfaz phpMyAdmin. Fuente: Propia.

	id	maquina	usuario	codigo	fecha
<input type="checkbox"/>	1	10	1	1	2020-10-11 16:55:33.576888
<input type="checkbox"/>	2	10	1	2	2020-10-11 16:55:55.694290
<input type="checkbox"/>	3	10	1	3	2020-10-11 16:56:03.792038
<input type="checkbox"/>	4	10	12787301	54	2020-10-11 16:56:21.919609
<input type="checkbox"/>	5	10	1	99	2020-10-11 16:56:56.995823
<input type="checkbox"/>	6	10	1	99	2020-10-11 16:57:48.026051
<input type="checkbox"/>	7	10	1	99	2020-10-11 16:59:56.997433
<input type="checkbox"/>	8	10	1	99	2020-10-11 17:02:06.962930
<input type="checkbox"/>	9	10	1	2	2020-10-11 17:12:34.309851
<input type="checkbox"/>	10	10	1	1	2020-10-11 17:15:54.742580
<input type="checkbox"/>	11	10	1	2	2020-10-11 17:15:56.850032
<input type="checkbox"/>	12	10	1	3	2020-10-11 17:16:29.911804
<input type="checkbox"/>	13	10	12787301	69	2020-10-11 17:17:43.667538
<input type="checkbox"/>	14	10	1	99	2020-10-11 17:18:26.286367
<input type="checkbox"/>	15	10	1	99	2020-10-11 17:19:55.376457
<input type="checkbox"/>	16	10	1	99	2020-10-11 17:23:59.651137
<input type="checkbox"/>	17	10	1	99	2020-10-11 17:25:19.386733
<input type="checkbox"/>	18	10	1	99	2020-10-11 17:27:44.303354
<input type="checkbox"/>	19	10	1	3	2020-10-11 17:31:40.272992

En las ilustraciones anteriores se evidencia la manera en que se almacenan los datos, ya sean de productividad, indicando el consecutivo de evento, maquina, en este caso y para efectos de la simulación se hizo con el número 10, CuentaOn que hace alusión a el tiempo de operación

del telar, porcentaje de consumo de energía y la fecha donde se condensa año-mes-día y hora-minuto-segundo-milisegundo. De modo que, exportando esta información se pueden crear organizaciones de métricas y estrategias digitales en hojas de cálculo.

Para la consulta debe tenerse en cuenta la dirección IP del host de la base de datos para el administrador directamente en el acceso a phpMyAdmin, además de la dirección de la tabla y demás puntos de conexión, a continuación, se muestra la visualización de la tabla de eventos de mantenimiento en la tabla denominada Cyberdao, donde debe filtrarse por fecha de búsqueda, de no insertarse esta información no resultara la consulta como se muestra a continuación.

Ilustración 22. Solicitud de ingreso total de datos de filtro en Cyberdao. Fuente: Propia.

REPORTE DE PRODUCCION



Desde: Hasta:

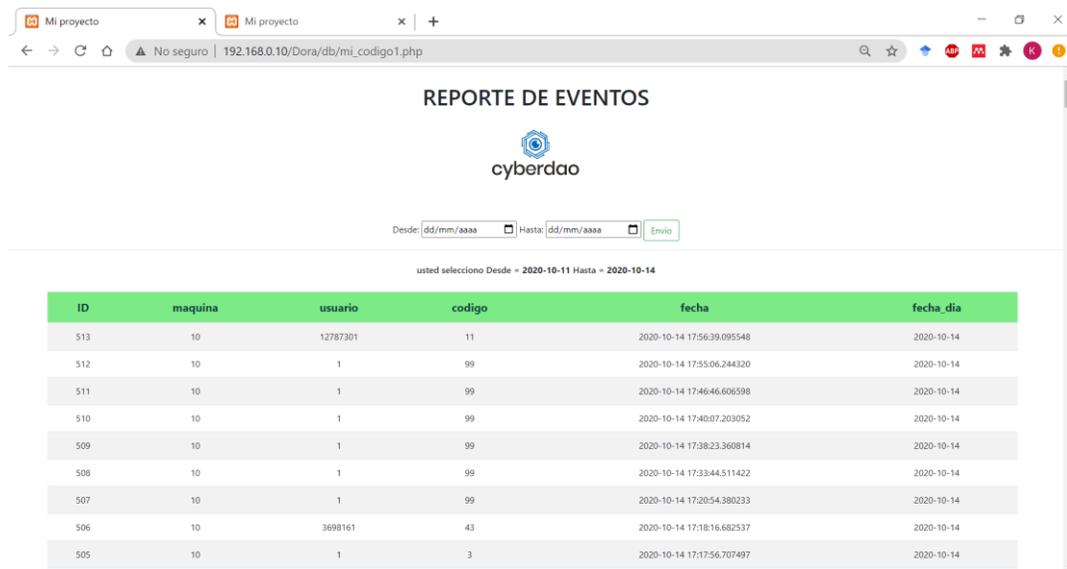
Para generar el análisis en hojas de cálculo, copiar los campos filtrados a modo de selección según sea el criterio fecha, para efectos de esta simulación, exportar a Excel, ya allí la información tratar según sea la macro, tabla dinámica o Dashboard.

Ilustración 23. Consulta en Cyberdao de la tabla de reporte de producción. Fuente: Propia.

ID	maquina	CuentaOn	Prod_Fabricado	Porcentaje	fecha	fecha_dia
477	10	129	0	21	2020-10-14 17:54:39.818476	2020-10-14
476	10	129	0	21	2020-10-14 17:48:16.818657	2020-10-14
475	10	127	135	22	2020-10-14 17:44:00.982956	2020-10-14
474	10	129	0	55	2020-10-14 17:42:13.928557	2020-10-14
473	10	129	0	55	2020-10-14 17:35:28.911298	2020-10-14
472	10	126	0	55	2020-10-14 17:29:03.496574	2020-10-14
471	10	129	0	55	2020-10-14 17:27:25.480444	2020-10-14
470	10	90	75	54	2020-10-14 17:24:54.095791	2020-10-14
469	10	110	123	89	2020-10-14 17:20:32.337606	2020-10-14

En la columna ID se encuentra el consecutivo de datos, maquina en su identificación numérica, en este caso para la simulación únicamente se tiene el número 10, cuenta On respecto a cuantos segundos estuvo operando entre registros, Prod_Fabricado en cuanto al avance lineal de la producción, Porcentaje de carga de consumo eléctrico, Fecha como campo interno de identificación de la base de datos incluyendo hora-minuto-segundo-milisegundo, por último el campo fecha-día dado que son los datos más importantes para el filtro en este caso.

Ilustración 24. Consulta en Cyberdao de la tabla de eventos de mantenimiento. Fuente: Propia.



REPORTE DE EVENTOS

cyberdao

Desde: dd/mm/aaaa Hasta: dd/mm/aaaa Envío

usted selecciono Desde = 2020-10-11 Hasta = 2020-10-14

ID	maquina	usuario	codigo	fecha	fecha_dia
513	10	12787301	11	2020-10-14 17:56:39.095548	2020-10-14
512	10	1	99	2020-10-14 17:55:06.244320	2020-10-14
511	10	1	99	2020-10-14 17:46:46.606598	2020-10-14
510	10	1	99	2020-10-14 17:40:07.203052	2020-10-14
509	10	1	99	2020-10-14 17:38:23.360814	2020-10-14
508	10	1	99	2020-10-14 17:33:44.511422	2020-10-14
507	10	1	99	2020-10-14 17:20:54.380233	2020-10-14
506	10	3698161	43	2020-10-14 17:18:16.682537	2020-10-14
505	10	1	3	2020-10-14 17:17:56.707497	2020-10-14

En el reporte de eventos vemos entonces de nuevo el ID, máquina, fecha y fecha_dia de la misma manera que en la Ilustración 23, usuario de identificación del tag de proximidad de cada usuario, código de parada estandarizado en la Ilustración 24.

Se plantean dos páginas web de consulta diferentes y no una sola en caso tal de división de departamentos o tomadores de decisiones disímiles.

Mientras los dispositivos se mantengan en la misma red se puede acudir a la dirección IP para visualizar los datos, ya sea en un PC como en la Ilustración 25 o desde un dispositivo móvil, como celular, como se evidencia a continuación.

Ilustración 25. Consulta en Cyberdao de la tabla de eventos de mantenimiento desde un dispositivo móvil Android. Fuente: Propia.

The screenshot shows a mobile browser interface with the URL `192.168.0.10/Dora/db/mi_codigo1.php`. The page title is "REPORTE DE EVENTOS" and features the Cyberdao logo. A search filter is set to "Desde: 2020-10-11" and "Hasta: 2020-10-14". Below the filter, a confirmation message states "usted selecciono Desde = 2020-10-11 Hasta = 2020-10-14". The main content is a table with the following data:

ID	maquina	usuario	codigo	fecha	fecha_dia
513	10	12787301	11	2020-10-14 17:56:39.095548	2020-10-14
512	10	1	99	2020-10-14 17:55:06.244320	2020-10-14
511	10	1	99	2020-10-14 17:46:46.606598	2020-10-14
510	10	1	99	2020-10-14 17:40:07.203052	2020-10-14
509	10	1	99	2020-10-14 17:38:23.360814	2020-10-14
508	10	1	99	2020-10-14 17:33:44.511422	2020-10-14
507	10	1	99	2020-10-14 17:20:54.380233	2020-10-14

Si bien para la visualización puede ser suficiente con la página web para consultas para su tratamiento y desarrollo de indicadores se requiere de estrategias digitales, para ello hemos pensado en la hoja de cálculo Excel, por su familiaridad con todas las empresas, manipulación conocida, formulación, entre muchos otros beneficios. Con los datos extraídos en esta simulación hemos desarrollado el siguiente Dashboard:

Ilustración 26. Dashboard productividad. Fuente: Propia.

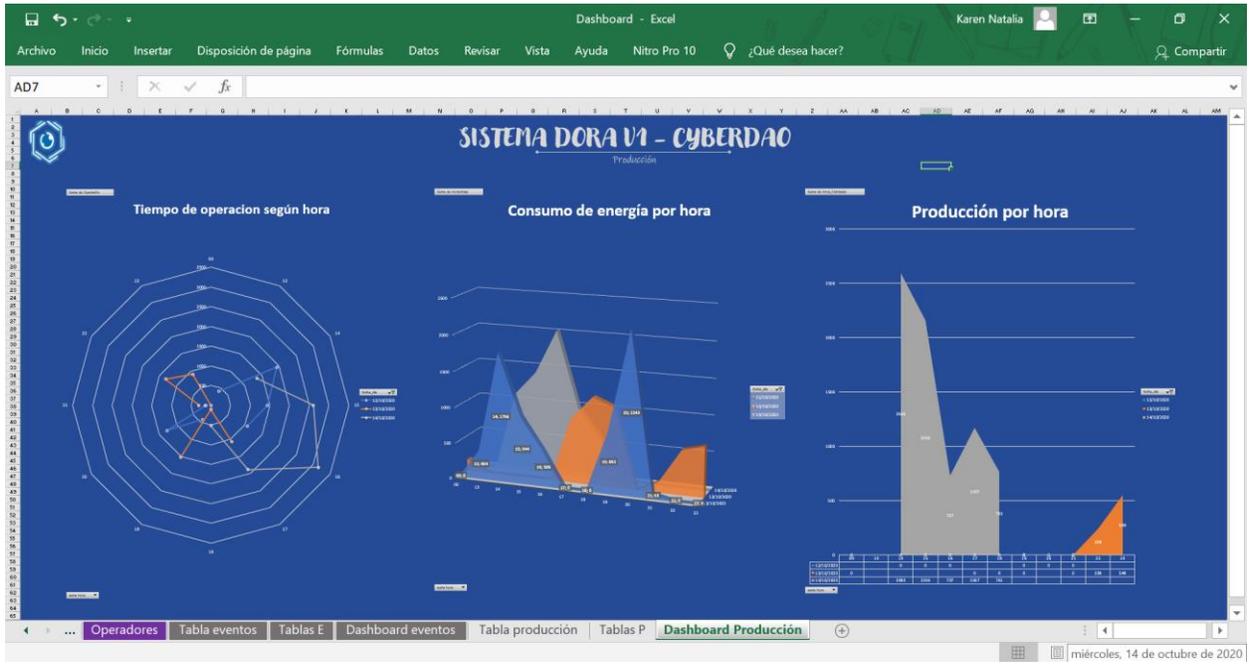
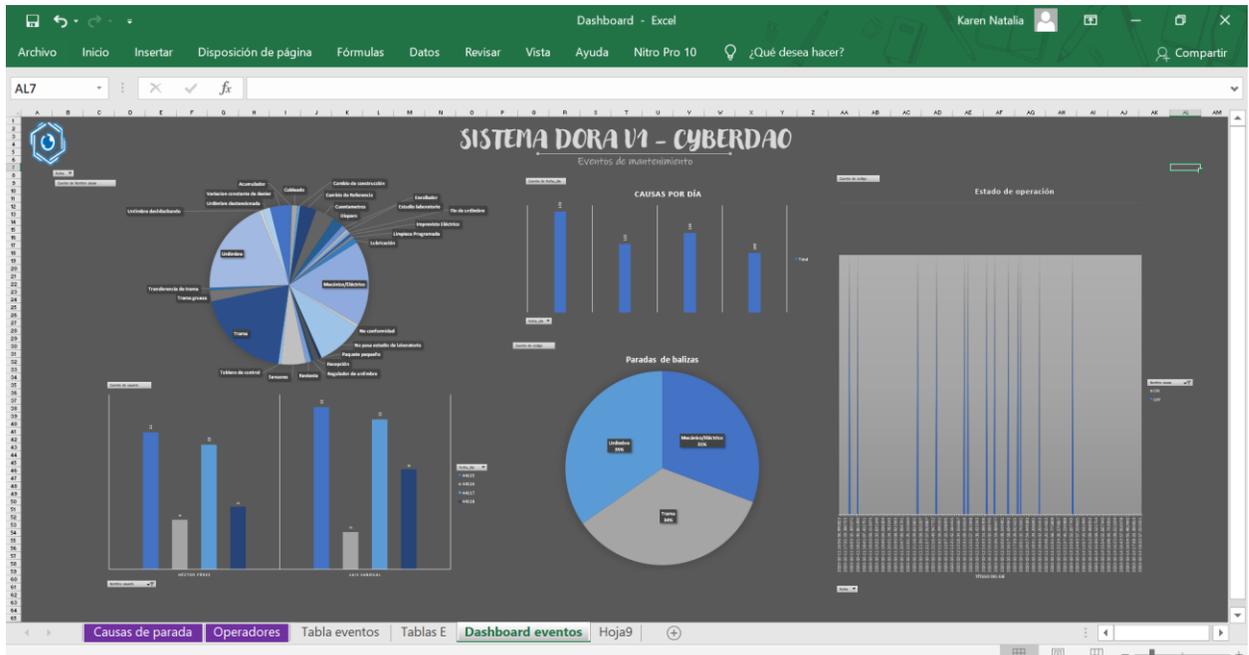


Ilustración 27. Dashboard eventos de mantenimiento. Fuente: Propia.



3.3.5 Protocolo

FINALIDAD: la creación de la herramienta DORA, junto con el servidor LAMP, permite la recepción directa y sistematizada de datos de maquinaria de producción lineal en este caso, con la obtención de dos fuentes primarias de información.

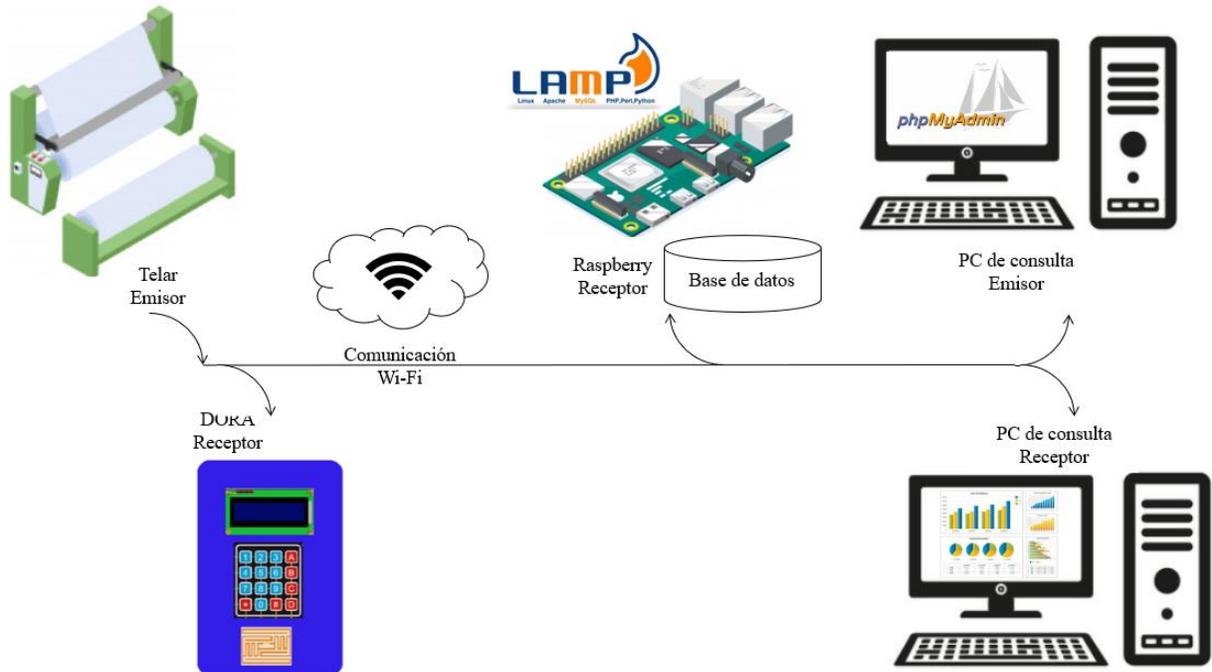
FUENTES: Fuentes primarias de información:

- Directamente de la maquina: fecha, hora, tiempo de producción, consumo energético, paradas por trama, urdimbre, mecánico/eléctrico y estado de operación.
- Inserción de información: Identificación por código RFID y digito de causa de parada, enlazada en la Tabla 15 y Tabla 16.

ALCANCE TEMPORAL: Obtención de información, comunicación vía Wi-Fi, mínima alteración e inversión en infraestructura, base de datos en servidor free, visualización a través de IP, (no nube).

AMPLITUD: Capacidad de instrumentación de 27 telares con DORA en este caso soportado por un solo servidor LAMP, visualización y extracción a través de dirección de IP.

Ilustración 28. Protocolo de comunicación general. Fuente: Propia.



3.3.6 Procedimiento

Inicialmente se conecta el dispositivo DORA al Encoder de la máquina y a las señales de fallo, luego de energizar y registrar una primera y única vez el número de identificación del telar (1-27 en este caso) se inicia la obtención de información bajo los siguientes criterios, definidos esta vez para la simulación:

Al iniciar la operación y luego de 25 segundos de producción estable se envía a la base de datos el código 99 de operación en curso.

Al haber parada y luego de 25 segundos de no entrada en operación de nuevo y no inserción de información de falla se envía el código 98 de estado OFF y causa de parada indefinida, lo que significa código 98.

Cuando hay parada y se va a registrar información primero acercar el tag de proximidad personal al lector RFID, esperar confirmación en pantalla, digitar el código, presionar la tecla “D” o “#”, y esperar confirmación de envío de operación, encender la maquina y esperar 25 segundos.

Cada 120 segundos se envían automáticamente los datos de producción, consumo energético (%), y estado de la maquina (ON/OFF), por lo que puede ser monitoreado casi en tiempo real. Para efectos de montaje real será cada hora.

Para borrar presionar la tecla “*”.

Para el simulador:

Mientras no esté encendido no se registrará avance en el Encoder, del mismo modo que una maquina no produce en estado OFF.

Cada 120 segundos que envía los datos también se reinicia el conteo de avance, de manera que si llega a haber un corte de electricidad accidental no se pierda mucha información.

Luego, ingresar al Host de la base de datos en el explorador según sea para Windows en el computador o Ubuntu en la Raspberry, buscar en caso de ser administrador la dirección del host de phpMyAdmin, y en caso tal de ser necesario gestionar la base de datos.

3.4 KPI PROPUESTO

En sincronía a los procesos y metas según sea el departamento y área que lo requiere, ya sea planeación, producción, gestión de recursos, humanos, financieros, tecnológicos, entre otros según (Levy, 2019) en todas las empresas clasificamos a los KPI en tres niveles siguiendo nuestra tradicional clasificación de los tres niveles de objetivos: estratégicos, operacionales y tácticos; lo que implica que los indicadores diseñados sean Específicos, Medibles, Logrables, Realistas y Trazables. Ahora orientado al balance score card de Kaplan aplicamos esta información obtenida al nivel financiero en reducción de costos de estructura, interno en la minimización de problemas operacionales y maximización de respuesta de los servicios, además de incluir el aprendizaje en cuanto al desarrollo de habilidades estratégicas y proveer información estratégica.

El objetivo puntual del uso de indicadores tipo KPI es que sean lo más simple y menos numeroso, sin caer en la simplificación incompleta y vacía con la oportunidad de ser monitoreados dinámicamente en el tiempo detectando así tendencias y variabilidad. Para ello nos hemos basado en el sistema Penta Score System (2017) como sistema de indicadores en cinco engranajes Estrategia, Capacidades, Creencias, Procesos y Ventajas, tomando como referencia el liderazgo tecnológico, equipo, conocimiento, innovación, optimización de procesos, desarrollo individual y gestión grupal, hacia el índice de renovación y de satisfacción; de modo que los indicadores descritos en la Tabla , apuntan hacia el monitoreo del proceso y de la herramienta en cuanto a su validación.

Para lograr la trazabilidad de ello se ha creado la siguiente matriz de calidad:

Con la matriz QFD se tuvieron en cuenta once aspectos que son relativos a la entrega con calidad del producto terminado como determinantes y en los niveles de importancia respecto a los objetivos estratégicos, tácticos y operativos tipificados en que es importante para cada uno de ellos, dando valores entre 1 y 5 según los siguientes criterios:

- 1 tiene menor relación a defectos de calidad que 5
- 1 era el menos conveniente y 5 el más.
- 1 corresponde a menor relación que 5
- 1 tiene menor beneficio que 5

En la antepenúltima y penúltima columna los criterios de decisión de la herramienta de la siguiente manera:

- C1: Pertinencia de la información
- C2: Facilidad de visualización de la información.

De modo que se evaluó de la siguiente manera:

Tabla 24. Evaluación e indicadores de matriz QFD. Fuente: Propia.

	W	Indicador
D1	44	1,13
D2	45	1,15
D3	42	1,08
D4	43	1,10
D5	48	1,23
D6	49	1,26
D7	44	1,13
D8	45	1,15
D9	44	1,13

D10	39	1,00
D11	47	1,21

La evaluación se hizo con la sumatoria de los valores adyacentes a cada determinante en sus diagonales respectivas (W), y para el indicador entonces este valor sobre el mínimo de los 11 resultados, visualizado de color rojo en la Tabla 24. De modo que luego de ello se establecieron los indicadores en cinco rangos agrupados para ser clasificados en ellos a modo de calificación de 1 a 5.

Tabla 25. Calificación de determinantes QFD agrupados. Fuente: Propia.

Rangos (calificaciones)		Indicador	Ubicación
1	1,00 - 1,05	D1	1,13 3
2	1,06 - 1,11	D2	1,15 3
3	1,12 - 1,17	D3	1,08 2
4	1,18 - 1,24	D4	1,10 2
5	1,25 - 1,30	D5	1,23 4
		D6	1,26 5
		D7	1,13 3
		D8	1,15 3
		D9	1,13 3
		D10	1,00 1
		D11	1,21 4

Ya agrupados y clasificados los indicadores tenemos que el determinante más importante es respecto a la calidad, seguido del operativo y el relativo a la ingeniería, luego relativos a temas de trama, urdimbre, reproceso, no conforme y financiero.

Por último, en la revisión de criterios, evidente en la Gráfica 7 se debe trabajar y poner más empeño en la limpieza de datos recolectados según la importancia y necesidad de visualización de cada departamento que usará esta información para el análisis.

3.5 ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO

Para la medición de la estrategia de mejoramiento se hizo el análisis de matriz FODA, determinando y conociendo los factores variables internos y externos que afectan la decisión de la implementación o no de la herramienta.

3.5.1 Matriz FODA, análisis de resultados

Diagrama 5. Análisis DOFA para la herramienta. Fuente: Propia.

	D	F
O	Al principio pueden obtenerse datos con desmemoria, dado que los previos pueden estar viciados o ajustados	La oportunidad de la información de calidad, objetiva, sin ruido y en tiempo real facilita la labor del tomador de decisiones El costo de la herramienta física es bastante bajo; sin dejar de lado que la base de datos, pagina web de consulta es a cero costos de mantenibilidad, lo que lo hace asequible para cualquier compañía.
A	Se requiere una inversión de capital considerable e instrumentalización de la herramienta a la máquina por parte de personal específico, especializado, técnico y con conocimiento	Cada compañía o proceso requiere un ajuste específico en la herramienta para adaptarse a la extracción y tratamiento de información específica

3.5.2 Plan de mejora estratégico propuesto

Objetivo estratégico: Obtener información oportuna, objetiva, puntual y específica para indicadores confiables, simples, oportunos, no redundantes, disponibles y pertinentes a bajo costo

Plan de acción estratégico propuesto: Para lograr el objetivo propuesto se requiere un plan de acción que incluya un diagnostico minucioso y riguroso del proceso para identificar puntos críticos de la compañía y allí usar de manera prioritaria la compañía, luego de ajustar la herramienta y ponerla en marcha realizar un plan de capacitaciones para la obtención e interpretación de datos obtenidos, eso en cuanto al personal encargado de la toma de decisiones, en cuanto al operativo el conocimiento, cuidado y funcionamiento de la herramienta dado que su rendimiento puede ser medido con ello también. Luego de la puesta en marcha dar un tiempo prudencial de funcionamiento y evaluar los resultados de los indicadores objetivos y la creación de estrategias de mejora.

3.6 PRESUPUESTO

Para el desarrollo de la herramienta se tuvieron en cuenta los materiales directos, indirectos y auxiliares que contribuyen al progreso total de la herramienta.

Tabla 26. Presupuesto. Fuente: Propia.

ELEMENTO	ILUSTRACIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	ENVÍO	TOTAL
ESP8266 NodeMcu V3		1	\$ 19.000	\$ 5.900	\$ 24.900
Teclado Matricial 4x4		1	\$ 17.000	\$ 8.800	\$ 25.800
LCD 16X2 I2C		1	\$ 13.000	\$ -	\$ 13.000
RDM6300		1	\$ 11.000	\$ 7.700	\$ 18.700

LLAVERO TAG DE PROXIMIDAD 125KHZ RFID		2	\$ 1.200	\$ -	\$ 2.400
Dip Switch De 2 Posiciones		1	\$ 1.500	\$ -	\$ 1.500
SENSOR DE CORRIENTE ALTERNA AC 5A		1	\$ 25.000	\$ 5.900	\$ 30.900
Módulo de expansión I2C PCF8574		2	\$ 9.000	\$ -	\$ 18.000
Fuente		1	\$ 5.000	\$ -	\$ 5.000
Jumpers		5	\$ 700	\$ -	\$ 3.500
Baquelas tipo protoboard		3	\$ 3.700	\$ -	\$ 11.100
Regleta hembra de 40 pines		1	\$ 1.200	\$ -	\$ 1.200
Conector molex		3	\$ 800	\$ -	\$ 2.400
Tornillos		6	\$ 200	\$ -	\$ 1.200

Plug DC		1	\$ 600	\$ -	\$ 600
Cautin		1	\$ 7.900	\$ -	\$ 7.900
Estaño		2	\$ 1.500	\$ -	\$ 3.000
Raspberry Pi4		1	\$ 367.600	\$ -	\$ 367.600
Router inalámbrico Wi-Fi de 300 mpbs		1	\$ 47.900	\$ 9.100	\$ 57.000
Cableado LAN (1metro)		1	\$ 3.900	\$ -	\$ 3.900
Caja de ensamble con pintura electroestática		2	\$ 14.200	\$ 9.100	\$ 37.500
Pulsador On Off con perilla		3	\$ 480	\$ -	\$ 1.440
Encoder rotatorio		1	\$ 6.000	\$ -	\$ 6.000
Potenciometro		1	\$ 5.200	\$ -	\$ 5.200

Pulsador ON/OFF		1	\$ 4.000	\$ -	\$ 4.000
Cable cinta		1	\$ 6.000	\$ -	\$ 6.000
Fuente de poder		2	\$ 9.000	\$ -	\$ 18.000
Papelería		1	\$ 30.000	\$ -	\$ 30.000
Transporte		1	\$ 50.000	\$ -	\$ 50.000
Asesoría		1	\$ 1.000.000	\$ -	\$ 1.000.000
TOTAL					\$ 1.757.740

Luego de ello se realizó la clasificación de la herramienta de la siguiente manera.

Tabla 27. Sintetización de costos. Fuente: propia.

Concepto	Valor
Dispositivo DORA	\$ 194.250
Servidor LAMP	\$ 456.250
Simulador	\$ 25.040
Materiales Auxiliares	\$ 12.100
Otros costos	\$ 1.080.000
Total	\$ 1.767.640

Por lo que en total el dispositivo puesto en marcha en una planta de producción en una maquina costaría \$662.600, en esta etapa no se consideran los costos de mano de obra y de operación considerando el consumo energético.

3.6.1 Requerimientos.

Para el desarrollo del proyecto requerimos un sistema de producción con características cualitativas viables para la medición, adquisición de tecnología, capacitación, computadoras, herramientas de desarrollo, equipos, acceso a internet, recursos tecnológicos en cuanto software tales como el sistema de administración de información, sistema de respaldo de información (back up), sistema de protección (antivirus), guías tales como normas técnicas y políticas de seguridad, manejo y tratamiento de la información basados en el marco legal.

4 RECOMENDACIONES

Se recomienda en primera medida incorporar la herramienta en los 26 telares restantes de la empresa, para sacar el total provecho a la misma.

Al igual que cualquier proceso nuevo en la vida y para este caso en la empresa, la resistencia al cambio y el acoplo para usar nuevas herramientas y modernizar la manera de hacer las cosas puede repercutir en los resultados esperados. Sin embargo, se recomienda capacitar al personal para que haga un buen uso de la herramienta, inculcando que unas de las razones más importantes por las cuales se ideó la misma, es para facilitar el trabajo de cada uno de los que hacen parte del área de producción y mantenimiento, disminuir el riesgo de contagio contra el COVID-19, y sobre todo mejorar el proceso que en sí es mejor eficientemente, competitivamente y por ende obtener resultados que favorezcan a la empresa y por su puesto a cada parte que la conforma.

De tal manera en que se avanza, siempre saldrán más oportunidades para mejorar, en este caso, la herramienta brinda la oportunidad que un cargo como el de “asistente de producción”, destine sus conocimientos y genere experiencias a partir de la transformación de datos en información, brindando así la capacidad de mejorar el análisis de la misma y aportando estratégicamente al área.

Cada una de tablas, graficas, métodos, técnicas y datos aquí plasmados, tienen como propósito proporcionar información relevante que permita mejorar continuamente los diferentes procesos de producción y mantenimiento, por lo tanto, recomendamos que se haga uso adecuado de todo lo expuesto en este trabajo y que esto a su vez se haga práctico, es decir, que se de uso al material que puede reforzar conocimientos y sirve para documentar información que tiene el

personal, el cual está expuesto a desertar llevándose consigo la información que quizás nadie más posea.

Por ser un proyecto totalmente nuevo, hecho desde cero, es importante realizar una documentación de experiencias y resultados obtenidos, así como también una lista de oportunidades de mejora que tenga la herramienta o quizás el tratamiento que se propone dar a los datos, ya que de esta manera se podrá mejorar continuamente la herramienta y se podrá sacar el mejor provecho de la misma.

Sabemos que, para realizar un control de cualquier situación, actividad, proceso, debemos tener una herramienta, método, técnica, procedimiento de medición. En este caso, es de suma importancia poder controlar el funcionamiento de la herramienta y el impacto que está generando en las áreas de producción y mantenimiento, por ende, recomendamos hacer uso de los KPI propuestos en este proyecto, no solo para medir la efectividad de la herramienta, sino, para realizar una comparación que permita ver los beneficios o perjuicios que está genere.

Al igual que con el tratamiento de la información que nos proporcionó la empresa, se recomienda hacer uso confidencial de la herramienta, ya que por tratarse de un proyecto innovador y que genere ventajas competitivas, querrá ser usado e imitado, lo cual es perjudicial para sus creadores, ya que estos quieren ser los autores intelectuales de cada herramienta que sea solicitada.

5 CONCLUSIONES

La minimización de tareas manuales en los reportes diarios de producción, expuestos al error humano, por diligenciamiento o por digitación a la hora de documentarse provocan variaciones y desviaciones, por lo que el uso de la herramienta permitirá que los datos obtenidos del proceso de tejido sean más reales y exactos. Esto quiere decir, que nuestra herramienta eliminara los formatos de producción dejando como resultado acciones que benefician directamente a la mejora en el proceso de recolección y análisis de información e indirectamente, un ahorro de papel además de la minimización de posible punto de contagio de COVID-19 por contaminación cruzada.

Uno de los objetivos productivos de cualquier organización es aprovechar al máximo el tiempo disponible tanto de sus máquinas como de sus operarios para producir, para este caso, la herramienta permitirá un control del tiempo de producción cada hora, acto que disminuirá la justificación viciada del tiempo trabajado, dejando como resultado que existan reportes de producción diarios de 8 horas por turno.

Unas de las situaciones que a diario justificaban mayor tiempo de detención en los diferentes telares, era los diligenciamientos de los formatos de producción, ya que recordemos que cada operario maneja alrededor de 9 a 12 telares, dejándonos un promedio de tiempo “perdido” por máquina que debe ser multiplicado a su vez por la cantidad de telares que tenga a su cargo el operario por turno, por ende, facilitar el proceso de reporte haciéndolo digital y más didáctico, no solo disminuirá la pérdida de tiempo, sino permitirá al operario proporcionar información más funcional.

Los datos son importantes, siempre y cuando sean convertidos en información. Dentro del equipo de trabajo del área de producción, el asistente de producción invertía más o menos al

iniciar su labor 3 a 4 horas digitando los reportes de producción para que dichos datos proporcionados por los operarios sirvieran para que el jefe de esta área hiciera el respectivo análisis y pudiese tomar decisiones para que el día siguiente los resultados fueran mejores, sin embargo, no es provechoso ni rentable, tener una persona con capacidades analíticas realizando una tarea de este tipo, las funciones del asistente de producción con la herramienta se destinarán al análisis de la información, ya que la herramienta digitaliza en tiempo real la información proporcionada, eliminando así esta tarea que absorbía tanto tiempo, abriendo paso a la generación de experiencia y uso de conocimientos del asistente de producción.

El sistema de inventario es importante para cualquier organización, pues sabemos que cuando es demasiado, mantenerlo genera costos, y quedarse sin producto también. En lo posible siempre se busca tener un inventario optimo, por lo tanto, la herramienta informara hora a hora la producción generando un control del uso de la materia prima necesaria, eliminando paradas para realizar el conteo en este caso de cinta y dando un dato del producto que va saliendo.

Sin duda alguna unas de las funciones que más proporciona ventajas y mejoras en el proceso de producción y mantenimiento, es la cadencia de información del estado de la producción en tiempo real, pues cada hora la persona encargada del análisis de la información podrá tomar decisiones para evitar errores cometidos con mejoras sobre la marcha y en tiempo real; no después de días de trabajo como sin la herramienta sucede.

Las paradas repetitivas e inoportunas influyen en la calidad del producto, por ende, tener claridad en las condiciones de la máquina, y su estado real, permitirá realizar una revisión y mantenimiento de la misma disminuyendo así las causas de parada mejorando la calidad del producto.

Si bien, hay herramientas que trabajan de forma similar o más bien, proporcionan el mismo servicio que el aquí propuesto, resultan demasiado costosos por los componentes y sobre todo por el cambio de infraestructura que debe realizarse para su instalación. Nuestra herramienta cuenta con componentes ideales, económicos y adaptables, pero sobre todo cuenta con un funcionamiento vía Wi-Fi que elimina estos cambios de infraestructura por el cableado, reduciendo considerablemente los costos, no solamente haciendo más atractiva la herramienta, sino generando mejoras en el uso de tecnología 4.0.

Los datos que se proporcionarán gracias a la herramienta generan beneficios como los anteriormente descritos, pero la presentación de la información por medio de Dashboards permitirá un análisis visual y eficiente de dicha información, haciendo aún más rápido el análisis y la toma de decisiones.

El uso de los KPI propuestos, permite el conocimiento resumido del estado de la empresa visto desde producción, mantenimiento y en el ámbito financiero, generando oportunidades de mejora a diario.

Por último, con el desarrollo de herramientas de este tipo, de libre desarrollo, bajo costo y adaptabilidad se abre paso a un sin número de posibilidades de adelanto tecnológico industrial orientado a micro, pequeñas, medianas, grandes empresas y multinacionales; aplicando principios de la ingeniería y labores diagnosticas precisas. La optimización de procesos desde estas perspectivas abre un espectro inmenso al desarrollo de herramientas sencillas desde quienes estamos de cara a los procesos, los ingenieros de producción.

REFERENCIAS

- Arzate Otero, P. (2015). *Desarrollo de un estándar de comunicación electrónico para la supervisión y control del desempeño dentro del sistema de producción SISAMEX.*
- Bejarano Soto, J. (2007). INDICADORES DE GESTIÓN PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN OWENS ILLINOIS COLOMBIA, PLANTA COGUA. *Ятыатат, вьт2у(235), 245.*
- Carletti, E. (n.d.). *Comunicación - Bus I2C . Descripción y Funcionamiento . Retrieved September 29, 2020, from*
<http://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/ComunicacionBusI2C.pdf>
- Carlos, S. A., Casilimas, L., Roberth, M., & Quintero, A. P. (2012). *IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD Y MEJORAMIENTO OEE (OVERALL EFFECTIVENESS EQUIPMENT) EN LA LÍNEA TUBERÍA EN CORPACERO.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- DANE. (2020). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas Revisión 4 adaptada para Colombia CIIU Rev. 4 A.C.*
https://www.dane.gov.co/files/sen/nomenclatura/ciiu/CIIU_Rev_4_AC2020.pdf
- Ferrés Prats, J., & Piscitelli, A. (2012). La competencia mediática: Propuesta articulada de dimensiones e indicadores. *Revista Luciérnaga - Comunicación, 4(7), 72–79.*
<https://doi.org/10.3916/C38-2012-02-08>
- Franco, P. (2019). *IoT COMO TENDENCIA, RETOS Y BENEFICIOS GENERADOS POR LA.* Universidad EAFIT. <http://repository.eafit.edu.co/handle/10784/15981>

- Goilav, Nicolas; Loi, G. (2016). *Arduino: Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*
- Nicolas GOILAV, Geoffrey LOI. ENI.
- González, M., Cuauhtémoc, & Lehi. (2015). Mejoramiento del OEE en la Línea de Producción siguiendo la Metodología Seis Sigma + Lean. *Artículo Revista Aplicaciones de La Ingeniería Junio*, 2(3), 168–180. www.ecorfan.org/bolivia
- Levy, A. (2019). *ESTRATEGIA Y KPIS (KEY PERFORMANCE INDICATORS): HACIENDO QUE LA ESTRATEGIA SE TRANSFORME EN ACCIÓN MEDIDA Y MEJORABLE*.
<http://ojs.econ.uba.ar/index.php/RIMF/article/view/1763/2497>
- Luis, J., & Román, D. V. (n.d.). *CONFERENCIA DE DIRECTORES Y DECANOS DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Industria 4.0: la transformación digital de la industria*.
- Matturro, G., Wand -Polak, B., & Barrio, G. (2007). *U r u g u a y U N I V E R S I D A D O R T INTRODUCCIÓN A LA CONFIGURACIÓN DE ROUTERS CISCO GUÍA PARA LABORATORIOS DE REDES Facultad de Ingeniería Escuela de Tecnología*.
- Montoya, A., Montoya, I., & Castellanos, O. (2010). Situación de la competitividad de las Pyme en Colombia: elementos actuales y retos. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 107–117.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/17600>
- Montoya, C. A. (2011). El Balanced Scorecard como Herramienta de Evaluación en la Gestión Administrativa. *Visión de Futuro*, 15(2), 25.
- Procolombia. (2018). *Materiales de Construcción - Invierta en Colombia*. Inversión En El Sector Materiales de Construcción En Colombia.
<https://www.inviertaencolombia.com.co/sectores/manufacturas/materiales-de->

construccion.html

Richardson, Matt; Wallace, S. (2013). *Getting Started with Raspberry Pi*.

Sevilla, P. (n.d.). *La importancia del control de producción en una empresa* / *FinacialRed*.

Retrieved July 21, 2020, from <https://finacialred.com/la-importancia-del-control-de-produccion-en-una-empresa/>

Vieira, P., & Santos, S. (2018). *APLICAÇÃO DO INDICADOR OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE): UM ESTUDO DE CASO NUMA RETÍFICA E OFICINA MECÂNICA ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO COM APLICAÇÃO DO MÉTODO OVAKO WORKING POSTURE ANALYSING SYSTEM (OWAS): UM ESTUDO DE CASO NO VALE DO SÃO FRANCISCO* *View project Ergonomia rural View project*.

<http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>

Wavin, P. (n.d.). *Nuestra Empresa*. Retrieved August 29, 2020, from

<https://pavcowavin.com.co/nuestra-empresa>

ANEXOS

Reunión con el ingeniero de la compañía

REUNION CON EL INGENIERO JORGE MENDOZA

FECHA: 08 de septiembre de 2020

PARTICIPANTES: Jorge Mendoza (Ingeniero de mantenimiento y producción)

Karen Polanco

Lorena Manrique

El martes 08 de septiembre se nos dio la oportunidad de hablar con el ingeniero de mantenimiento de la planta de Geosistemas de PAVCO-WAVIN Bogotá, y encargado de la producción del sector de tejidos, a través de una reunión virtual dadas las condiciones sanitarias y las normas de la empresa por la pandemia. En esta ocasión fueron solucionadas muchas de las preguntas diagnosticas que teníamos acerca del proyecto además de evidenciar el interés en cuanto a las expectativas de implementación del proyecto, si lo podemos llevar a cabo como se planea, estaríamos supliendo una gran cantidad de necesidades que tiene la organización.

Llevamos la conversación por medio del siguiente cuestionario:

Tanto en mantenimiento como en producción ¿Qué indicadores realmente controlan?

En mantenimiento se controlan los indicadores que para ellos son los más importantes;

Disponibilidad y Utilización.

En Producción se controlan indicadores que apuntan al cálculo del OEE y del OEO, los cuales son:

- OEE: Rendimiento, Rechazos de Calidad y Disponibilidad.

- OEU: Utilización de maquina (30 días x 24 horas), Financieramente y Depreciación de máquina.

¿Qué tipo de capacitación tienen los operarios en cuanto a la importancia de los reportes diarios de producción?

“Hace falta una buena capacitación”; sin embargo, los operarios saben la forma en la que deben llenar los reportes de producción y su finalidad. Los 27 telares están divididos en tres grupos, cada operario está a cargo de alrededor de 9 máquinas. La información que se puede extraer directamente del telar es: Número de horas, metros lineales y causa de parada en luces de balizamiento (trama, urdimbre, falla mecánica/eléctrica).

Los operarios gastan alrededor de 40 min al final de cada turno llenando los reportes de producción, ya que en estos deben indicar el valor del horómetro al final del turno de trabajo (el asistente de producción diligencia el inicial), el número de rollos que van terminando, con su respectiva longitud y peso, por último, registran conforme suceda el tiempo y causa por paradas, “en este caso confiamos en lo que ellos escriben, aunque sabemos que lo reportan a su acomodo”.

¿Los operarios saben que existen indicadores que miden su rendimiento?

Si, ellos saben que existen indicadores, cuales son, para que son, y que son medidos bajo estos resultados; sin embargo, los indicadores que se manejan en producción no están midiendo directamente su rendimiento.

¿Se sienten interesados los operarios y la parte operativa en la mejora de indicadores?

Como se explicaba anteriormente lo que ellos indican en los reportes diarios de producción, son la fuente que alimenta los datos que luego se convertirán en información, por ende, entre la información más exacta sea, mejores análisis se podrán realizar, y así mismo mejores decisiones se tomaran.

¿Cree que la planta está siendo usada a su capacidad deseada?

No, sobre todo porque por temas de la pandemia las ventas han bajado y las ordenes de producción son más fáciles de cumplir, sin embargo, no hay que desmeritar que se ha hecho un gran trabajo en producción y la planta está rindiendo efectivamente.

¿Cuáles son los problemas que identifica constantemente en producción?

El problema más común es la ruptura de cinta, “la maquina está diseñada para parar”, por lo tanto, este problema es algo que se tiene en cuenta, sin embargo, no se tiene estandarizada la falla o parada, ya que todos los telares no fallan con la misma frecuencia, dejando en incertidumbre, por qué hay unas máquinas que requieren parar o fallan más que otras.

¿Se cumplen siempre los planes de producción?

Es gratificante, saber que la planta siempre logra cumplir con los planes de producción.

¿Quién controla la producción?

El ingeniero Jorge Mendoza es quien controla toda la producción en la sección de tejeduría.

¿Hay supervisión del trabajo que realizan los operarios?

El ingeniero Jorge Mendoza quien también es el ingeniero de mantenimiento de Geosistemas y de producción de tejidos realiza la supervisión del trabajo que realizan los operarios, así como

también analiza la información que el auxiliar de producción digitaliza de los reportes diarios de producción, para analizarla y tomar las más favorables decisiones.

¿Qué información se digitaliza?

La información más importante que debería tomarse de la maquina y digitalizarse para el análisis de los indicadores son: Número de paradas por urdimbre, número de paradas por trama, número de paradas por falas mecánicas o eléctricas, horas de funcionamiento, metros producidos. De modo que cuantificando las fallas y caracterizándolas en equipos y grupos se tendrá mayor facilidad en la criticidad de la toma de decisiones y asignación de referencias por telar.

Sin embargo, cabe resaltar que la información actual que se digitaliza es: Numero de rollos, metros de cada rollo, horómetros, tiempos y causas de paradas, a ello no se le lleva una trazabilidad tan minuciosa, se hace para los avisos de mantenimiento y reuniones semanales en el OPEX con el personal operativo.

¿Qué hacen con la información que recogen de las máquinas?

Esta información sirve para que el ingeniero Jorge Mendoza y superiores analice y tome decisiones para evitar repetir errores y sobre todo mejorar continuamente, establecer metas y planes de mejoramiento.

¿Se cuenta con un programa de mantenimiento?

Se realiza un mantenimiento preventivo cada semana, mitigando el principal motivo de paradas de los telares el cual es el anudado, entonces, se hace una recolección de avisos y un “plan de choque” que permita disminuir las paradas y controlarlas.

Considerando la pandemia como un factor que marca tendencias estadísticas. ¿ha causado impacto en sus indicadores actuales? De ser posible ¿cuáles y de qué manera?

La pandemia ha traído bastantes cambios a la organización entre las cuales se encuentran:

- Disminución en las ventas
- Disminución de personal, se han despedido a todas las temporales, tanto para el personal de producción como personal administrativo y se logró mantener al personal directamente contratado por la empresa, es decir al personal de planta.
- Eliminación de una línea de producción, debido a ciertos percances, el ingeniero junto con sus directivos, decidieron eliminar un producto como lo son las alfombras o tapetes, ya que es un producto que ya no es muy demandado y este requería de un procedimiento adicional, el cual era el horno, dicha máquina fue eliminada, y se ha reorganizado la planta, destinando el tiempo y los operarios en las máquinas de los productos más demandados.

COMENTARIOS FAVORABLES:

“Eliminar esos 40 minutos diarios que tardan los operarios llenando los reportes, nos ayudaría a mejorar el rendimiento y además de eso, obtendríamos información más fiable”.

“Muchas veces nos ofrecieron un proyecto similar, sin embargo, el ser cableado, nos desmotivaba por el costo y el tiempo de acondicionamiento, pero el proyecto por ser vía Wi-Fi nos llama demasiado la atención”.

“Las 3 horas que gasta el auxiliar de producción digitalizando la información proporcionada por el operario, podrían ser reemplazadas para que este nos brinde sus

conocimientos en el análisis de la información y se puedan tomar decisiones entre turnos, esto para evitar repetir errores y obviamente mejorar continuamente”.

“Para mí y para la empresa, es más que favorable poder recibir en tiempo real la información, ya con solo esto estaríamos super agradecidos”.

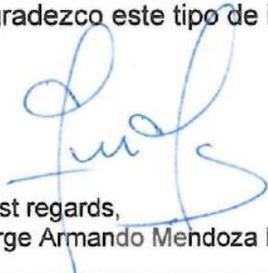
Bogotá D.C., 8 de octubre de 2020.

Sres. Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Por medio de la presente nuestra empresa manifiesta conformidad con el proyecto planteado por las estudiantes Karen Natalia Polanco identificada con cedula de ciudadanía 1.024.579.484 y Lorena Patricia Manrique identificada con cedula de ciudadanía 1.031.149.965, quienes han desarrollado en nuestra compañía con gran motivación y adecuada gestión el proyecto de **SISTEMATIZACIÓN DE DATOS DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO CON MIRAS AL CRECIMIENTO 4.0, EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE COMUNICACIÓN MÓVIL**, el cual nos ha permitido dar solución a la obtención de datos para producción y mantenimiento.

Con altas expectativas estamos al pendiente de la instalación del sistema, una vez acordada la fecha de instalación y pruebas en nuestra planta, además de la capacitación de su uso, contribuyendo a la modernización de procesos de documentación.

Agradezco este tipo de iniciativas que contribuyen a la creación de valor en la compañía.


Best regards,
Jorge Armando Mendoza Mora

Jorge Armando Mendoza Mora
Ingeniero de Produccion y Mantenimiento

T [57-1-7825100](tel:57-1-7825100)
M [3142957502](tel:3142957502)
E jorge.mendoza@wavin.com

pavcowavingeosintéticos.com
orbia.com



Capacidades calculadas de un mes, Geosistemas PAVCO

	1-ene	2-ene	3-ene	4-ene	5-ene	6-ene	7-ene	8-ene	9-ene	10-ene	11-ene	12-ene	13-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene	19-ene	20-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	26-ene	27-ene	28-ene	29-ene	30-ene	31-ene
TOTAL HORAS TRABAJADAS	00:00	00:00	69:52	116:05	108:52	104:05	110:00	112:24	165:07	196:35	226:28	224:56	209:59	232:13	247:38	238:47	257:13	242:45	216:57	209:00	210:55	188:04	192:47	191:59	199:25	232:31	232:56	215:24	236:13	272:55	268:48
TOTAL TRABAJADO MINUTOS	-	-	4.192	6.965	6.532	6.245	6.600	6.744	9.907	11.795	13.588	13.496	12.599	13.933	14.858	14.327	15.433	14.565	13.017	12.540	12.655	11.284	11.567	11.519	11.965	13.951	13.976	12.924	14.173	16.375	16.128
TOTAL PROGRAMA DO MINUTOS	-	-	10.080	10.560	9.600	9.120	9.120	9.120	17.760	18.240	19.200	18.240	18.240	19.680	20.640	20.640	21.120	20.160	19.200	19.200	19.200	18.720	19.200	20.160	20.160	23.040	21.600	21.120	26.880	27.840	27.360
TIEMPO PERDIDO MINUTOS	-	-	5.888	3.595	3.068	2.875	2.520	2.376	7.853	6.445	5.612	4.744	5.641	5.747	5.782	6.313	5.687	5.595	6.183	6.660	6.545	7.436	7.633	8.641	8.195	9.089	7.624	8.196	12.707	11.465	11.232
TIEMPO PERDIDO JUSTIFICADO MINUTOS	-	-	5.888	3.595	3.068	2.875	2.520	2.376	7.853	6.445	5.612	4.744	5.641	5.747	5.782	6.313	5.687	5.595	6.183	6.660	6.545	7.436	7.633	8.641	8.195	9.089	7.624	8.196	12.707	11.465	11.232
DISPONIBILIDAD	0%	0%	42%	66%	68%	68%	72%	74%	56%	65%	71%	74%	69%	71%	72%	69%	73%	72%	68%	65%	66%	60%	60%	57%	59%	61%	65%	61%	53%	59%	59%
CAPACIDAD INSTALADA	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880	38.880
CAPACIDAD TEORICA	-	-	10.080	10.560	9.600	9.120	9.120	9.120	17.760	18.240	19.200	18.240	18.240	19.680	20.640	20.640	21.120	20.160	19.200	19.200	19.200	18.720	19.200	20.160	20.160	23.040	21.600	21.120	26.880	27.840	27.360
CAPACIDAD REAL	-	-	4.192	6.965	6.532	6.245	6.600	6.744	9.907	11.795	13.588	13.496	12.599	13.933	14.858	14.327	15.433	14.565	13.017	12.540	12.655	11.284	11.567	11.519	11.965	13.951	13.976	12.924	14.173	16.375	16.128
DISPONIBILIDAD PLANTA	0%	0%	26%	27%	25%	23%	23%	23%	46%	47%	49%	47%	47%	51%	53%	53%	54%	52%	49%	49%	49%	48%	49%	52%	52%	59%	56%	54%	69%	72%	70%
DISPONIBILIDAD PLANTA REAL	0%	0%	11%	18%	17%	16%	17%	17%	25%	30%	35%	35%	32%	36%	38%	37%	40%	37%	33%	32%	33%	29%	30%	30%	31%	36%	36%	33%	36%	42%	41%