



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**“SISTEMA KANBAN EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE
TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A.”**

Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

Sublínea de Investigación: Cadena de Abastecimiento

Autor: Tannia Gabriela Ortiz Guerrero

Tutor: Ing. Mg. Christian Mariño Rivera

AMBATO – ECUADOR


MARZO 2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: “**SISTEMA KANBAN EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A.**”, de la señorita Tannia Gabriela Ortiz Guerrero, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, marzo 2018

EL TUTOR



Ing. Mg. Christian Mariño Rivera

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, marzo 2018.



Tannia Gabriela Ortiz Guerrero

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ingenieros , revisaron y aprobaron el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “SISTEMA KANBAN EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A.”, presentado por la señorita Tannia Gabriela Ortiz Guerrero de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Mg. Pilar Urrutia

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Mg. César Rosero Mantilla

DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Ana María Pilco Salazar

DOCENTE CALIFICADOR

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedico con todo mi cariño a mi familia;

A mi madre Lucía Guerrero, por su amor, sacrificio y esfuerzo, desde mis primeros pasos, quien ha sido un pilar fundamental dentro de mi vida personal y profesional y me ha brindado su apoyo sin condición.

A mi padre Carlos Ortiz, aunque ya no lo tengo físicamente siempre está presente en mis pensamientos y oraciones, por haberme dado la vida y regalarme su amor y cuidados durante mi niñez.

A mis amadas hijas, Wendy y Karla, y esposo Diego, quienes son mi fuente de motivación para seguir superándome, con su existencia han llenado mi vida de alegría.

A mi hermana Vicky, quien ha sido mi compañerita de travesuras, y un ejemplo de perseverancia y superación.

A mi hermano Andrés, por su apoyo, por compartirme sus ideas y sentimientos.

A mi hermanita Kamila, por regalarme su alegría y afecto.

A mis Abuelitos Gerardo y Sarita quienes me han regalado su amor desde niña, siempre motivándome a ser mejor cada día. A mis tíos maternos Francisco, Albita, Miriam y William que me han brindado palabras de apoyo en cada paso.

Tannia Ortiz

Agradecimiento

Le doy gracias a Dios por regalarme la vida, la salud y permitirme alcanzar esta meta.

A mis pequeñas Wendy y Karla, quienes son mi motor para alcanzar mis sueños.

A la Universidad Técnica de Ambato, de manera especial a los docentes de la facultad Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, por brindarme muy valiosos conocimientos.

Al Ing. Diego Lara, Gerente General de la empresa Ecuatran S.A. por permitirme ingresar a su prestigiosa compañía y poder aportar al mejoramiento continuo en el sistema de producción flexible.

Al Ing. Jose Morales, por su guía, por compartirme su conocimiento y su apoyo dentro de la empresa.

A la dirección del ingeniero Christian Mariño quien me ha compartido sus conocimientos para la elaboración de mi trabajo de graduación.

Tannia Ortiz

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA O CARATULA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	v
<i>Dedicatoria</i>	vi
<i>Agradecimiento</i>	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA	1
1.1 Tema de Investigación:.....	1
1.2 Planteamiento del Problema:	1
1.2.1 Delimitación.....	3
1.2.1.1 Delimitación del contenido	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General:.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	5
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes Investigativos	7
2.2 Fundamentación Teórica	8
2.2.1 Ingeniería Industrial	8
2.2.2 Sistema de Producción Toyota.....	10
2.2.3 Metodología Kanban.....	13
2.2.4 Estudio del trabajo.....	17
2.2.5 Mapeo del flujo de valor (VSM).....	17

2.2.6	Empresa.....	19
2.2.7	Transformadores Eléctricos	20
2.3	Propuesta de solución.....	28
CAPITULO III.....		29
METODOLOGÍA		29
3.1	Modalidad de la Investigación.....	29
3.2	Investigación bibliográfica – documental	29
3.3	Investigación de Campo	29
3.4	Población y Muestra	30
3.4.1	Población.....	30
3.4.2	Muestra.....	30
3.4.3	Recolección de la información.....	31
3.4.4	Procesamiento y análisis de datos	31
3.4.5	Desarrollo del Proyecto.....	32
CAPÍTULO IV.....		33
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		33
4.1	Tema.....	33
4.2	Datos Informativos	33
4.3	Sitio de estudio	33
4.4	Organigrama Estructural Nivel gerencial.....	35
4.5	Cadena de valor Ecuatran.....	36
4.6	Identificación del problema.....	37
4.7	Análisis e interpretación de la encuesta.....	38
4.8	Conocer el sistema de Abastecimiento de la empresa Ecuatran S.A.	43
4.8.1	Área de abastecimiento.....	43
4.9	Análisis de Información de ventas	46
4.10	Ingeniería.....	54
4.11	Bodega.....	56
4.11.1	Gestión de stock por mínimos y máximos	56
4.11.2	Cálculo de mínimos y máximos.....	57

4.12	Consideraciones para la elección de los materiales.....	58
4.12.1	Materiales comunes entre productos.....	59
4.12.2	Materiales de alta rotación.	59
4.12.3	Materiales que permiten un stock en planta.....	60
4.13	Capacidad de la planta.....	61
4.14	Pasos para implementar el Sistema	61
4.14.1	Paso 1.- Levantamiento de la información.....	61
4.14	Elección de productos.....	68
4.15	Levantamiento de Procesos	72
4.16	Estudio de Tiempos	83
4.16.1	Cantidad de Materiales.....	99
4.17	Identificación de puestos de Kanban en la Planta.	104
4.17.1	Capacitación.....	123
CAPÍTULO V		140
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		140
5.1	Conclusiones.....	140
5.2	Recomendaciones	141
Bibliografía		143
Anexos.....		146

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Enfoques sistemáticos Ingeniería Industrial	9
Fig. 2. Pilares Fundamentales Sistema de Producción TOYOTA	11
Fig. 3 Desperdicio	12
Fig. 4 Propósito Kanban	13
Fig.5 Kanban tarjetas	15
Fig. 6 Estanterías FIFO	16
Fig. 7 Funcionamiento Estanterías FIFO	16
Fig. 8 Simbología VSM	18
Fig. 9 Gemba Ecuatran	19
Fig. 10 Clasificación de Transformadores según el Uso	21
Fig. 12 Transformador monofásico	22
Fig. 13 Transformadores trifásicos	23
Fig.14 Segmento del diseño mecánico de un transformador trifásico Padmounted de 50Kva	24
Fig.15 Ensamblaje parte activa, Núcleo – Bobina	25
Fig.16 Secado parte activa, Núcleo – Bobina.	25
Fig.17 Esquema del proceso de fabricación de transformadores trifásicos y monofásicos	27
Fig. 18 Mapa físico Ecuatran S.A.	34
Fig. 19 Organigrama estructural Nivel Gerencial Ecuatran S.A.	35
Fig. 20 Cadena de valor Ecuatran S.A.	36
Fig. 21 Diagrama Ishikawa.	37
Fig. 22 Cantidad de veces que se traslada hacia bodega.....	39
Fig. 23 Percepción almacenamiento en planta.....	39
Fig. 24 Percepción almacenamiento en planta.....	40
Fig. 25 Suspende su trabajo por falta de material.	41
Fig. 26 Uso de materiales sustitutos por falta del material adecuado.	41
Fig. 27 ¿Es posible organizar los materiales en su puesto de trabajo?	42
Fig. 28 ¿Conoce su meta diaria de producción? ¿Cumple con esta meta?	43
Fig. 29 Proceso de abastecimiento Ecuatran S.A.	44
Fig. 30 Compra de materiales Ecuatran S.A.	45
Fig. 32 Ventas transformadores trifásicos 2016	51

Fig. 33 Materiales de compra importados.	53
Fig. 34 Materiales de compra nacionales.	54
Fig. 35 Creación de la lista de materiales de un transformador	55
Fig. 36 Control de inventarios por mínimos y máximos Ecuatran S.A.	57
Fig.38 Juego de perno, rodela plana, rodela de presión Galvanizado 3/8 x1".	59
Fig. 39 Juego de sujeción bushing de alta, transformador trifásica subestación 2000kva; tuerca y rodela de presión galvanizadas de 3/8"	60
Fig. 40 Materiales de alta rotación	60
Fig. 41 Fotografía de una conexión protabayonetas	62
Fig. 42 Diagrama de Pareto ventas 2016, transformadores monofásicos	70
Fig. 43 Gráfica ABC	71
Fig. 44 Análisis diagrama de Pareto.	71
Fig. 45 Flujo del proceso de fabricación de transformadores monofásicos y trifásicos.....	72
Fig. 46 Layout de la planta de producción Ecuatran S.A.	77
Fig. 48 Diagrama del Proceso Transformador Monofásico tipo Padmounted	79
Fig. 49 Diagrama del Proceso Transformador Trifásico tipo Subestación	80
Fig. 50 Diagrama del Proceso Transformador Trifásico tipo Padmounted..	81
Fig. 51 Diagrama del Proceso Transformador Petrolero	82
Fig. 52 Clasificación de tiempos, transformador monofásico de 25kvas.	86
Fig. 53 Clasificación de tiempos, transformador monofásico de 50kvas.	88
Fig. 54 Clasificación de tiempos, transformador monofásico de 10kvas.	89
Fig. 55 Clasificación de tiempos, transformador monofásico de 37.5kvas.	91
Fig. 56 Características transformador.	92
Fig. 57 VSM transformador monofásico 25KVA (anterior).....	95
Fig. 58 VSM transformador monofásico 50KVA (anterior).....	96
Fig. 59 VSM transformador monofásico 10KVA (anterior).....	97
Fig. 60 VSM transformador monofásico 37.5KVA (anterior).....	98
Fig. 61 Cajoneras plásticas Kanban	104
Fig. 62 Diagrama de Recorrido KANBAN – Layout de la planta	105
Fig. 63 Conexiones trifásicas	107
Fig. 64 Llenado trifásico 1	107
Fig. 65 Llenado Monofásico 1	107

Fig. 66 Llenado Monofásico 3	108
Fig. 67 Llenado Monofásico 3	108
Fig. 68 Stickers Trifásicos	109
Fig. 69 Stickers Monofásicos	109
Fig. 70 Stickers Monofásicos	110
Fig. 71 Stickers X y H	111
Fig. 72 Diseño percha stickers monofásicos.....	112
Fig. 73 almacenamiento stickers monofásicos (Antes).....	113
Fig. 74 (Antes) stickers monofásicos	114
Fig. 75 (Después) stickers monofásicos	114
Fig. 76 trazabilidad stickers	115
Fig. 77 Maqueta estructura.....	116
Fig. 78. Diseño estanterías	117
Fig. 79 Construcción estanterías en el área de Metalmecánica.....	118
Fig. 80 Elaboración de placas de identificación Kanban.	118
Fig. 81 Placa Kanban.	118
Fig. 82 Antes y después Llenado monofásico 1 LM1	120
Fig. 83 Antes y después Llenado monofásico 2 LM2.....	121
Fig. 84 Antes y después Llenado monofásico 3 LM3.....	121
Fig. 85 Antes y después Llenado monofásico 3 LM3	122
Fig. 86 Antes y después Stickers Trifásicos.....	123
Fig. 87 Coche de abastecimiento Kanban	123
Fig. 88 Tiempo de ciclo antes y después de la instalación del sistema Kanban	126
Fig. 89 Tiempo de ciclo antes y después de la instalación del sistema Kanban.	127
Fig. 90 Tiempo de ciclo antes y después de la instalación del sistema Kanban	128
Fig. 91 Tiempo de ciclo antes y después de la instalación del sistema Kanban	129
Fig. 92 Resultados del Estudio de tiempos Entancado	131
Fig. 93 VSM transformador monofásico 25KVA (actual).....	133
Fig. 94 VSM transformador monofásico 50KVA (actual).....	134
Fig. 95 VSM transformador monofásico 10KVA (actual).....	135
Fig. 96 VSM transformador monofásico 37.5KVA (actual).....	136
Fig. 97 Diferencia de tiempos de ciclo anterior contra el actual.....	137
Fig. 98 Indicador Ciclo de Producción monofásico.....	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población	30
Tabla 2. Cantidad de veces que e traslada hacia bodega.....	38
Tabla 3. Percepción almacenamiento en planta	39
Tabla 4. Mejoraría la productividad con materiales más cercanos	40
Tabla 5. Suspende su trabajo por falta de material	40
Tabla 6. Uso de materiales sustitutos por falta del material adecuado	41
Tabla 7. Es posible organizar los materiales en su puesto de trabajo	42
Tabla 8. ¿Conoce su meta diaria de producción? ¿Cumple con esta meta?.....	42
Tabla 9. Referente a ventas de transformadores monofásicos año 2016	46
Tabla 10. Referente a ventas de transformadores trifásicos año 2016	48
Tabla 11. Materiales comunes entre transformadores	59
Tabla 12. Materiales de alta rotación	60
Tabla 13. Ejemplo de levantamiento de información	62
Tabla 14. Conexiones Trifásicas (CT)	64
Tabla 15. Entancado trifásico (ET)	65
Tabla 16. Llenado Monofásico (LM1)	66
Tabla 17. Llenado Monofásico 2 (LM2)	67
Tabla 18. Categorización ABC.	68
Tabla 19. Porcentaje de ventas 2016 transformadores monofásicos	69
Tabla 20. Porcentaje de ventas 2016 transformadores monofásicos	70
Tabla 21. Porcentaje de ventas 2016 transformadores monofásicos	71
Tabla 22. Ruta del proceso	73
Tabla 23. Costo cajoneras plásticas	84
Tabla 24. Estudio de tiempos N.1(a).....	85
Tabla 25. Estudio de tiempos N.1(a).....	86
Tabla 26. Estudio de tiempos N.2(a).....	87
Tabla 27. Estudio de tiempos N.3(a).....	89
Tabla 28. Estudio de tiempos N.4(a).....	90
Tabla 29. Estándares de transformadores monofásicos, de 25,50,10 y 37.5kvas(a)..	91
Tabla 30. resumen cursograma Estudio de Tiempos (anterior)	92
Tabla 31. Actividades producción Entancado (anterior).....	93

Tabla 32. Cálculo del tiempo Estándar (anterior)	94
Tabla 33. Cantidad diaria de consumo real vs sistema perno galvanizado ½” x ¾” .	99
Tabla 34. Entradas y salidas materiales de sujeción .	100
Tabla 35. Cálculo de stock mínimo y máximo tornillo tipo B.....	101
Tabla 36. Cálculo de stock mínimo y máximo Perno ½”x ¾”	102
Tabla 37. Detalle de elementos stickers monofásicos	110
Tabla 38. Órdenes de producción estanterías.....	117
Tabla 39. Costo cajoneras plásticas.	124
Tabla 40. Costo de muebles Kanban.....	124
Tabla 41. Costo total.	124
Tabla 42. Descripción de actividades.....	125
Tabla 43. Estudio de tiempos N.1(b)	126
Tabla 44. Estudio de tiempos N.2(b)	127
Tabla 45. Estudio de tiempos N.3(b)	128
Tabla 46. Estudio de tiempos N.4(b)	129
Tabla 47. Resumen cursograma Estudio de Tiempos con abastecimiento kanban..	130
Tabla 48. Actividades Para Entancado Transformador monofásico Padmounted con abastecimiento kanban.	130
Tabla 49. Calculo del Tiempo estándar para el proceso de Entancado Sistema de Abastecimiento Kanban	131
Tabla 50. Diferencia del tiempo anterior vs actual	137
Tabla 51. Evolución de la empresa Ecuatran, Indicadores Empresa	137

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se ha desarrollado dentro de la empresa Ecuatran S.A. se trata de un sistema de abastecimiento con metodologías visuales que orientan al personal operativo y de abastecimiento, el proyecto nace por la necesidad de mejorar la problemática existente, esperas innecesarias, traslados por requerimientos individuales, lo que provocaba atrasos en la entrega de productos a causa de la falta de materiales pequeños y de alta demanda, todos con especificaciones distintas según requerimientos de clientes, o situaciones que afectan la calidad del transformador, como la colocación de materiales similares, o a su vez varios productos con las mismas especificaciones entregadas al mismo cliente, pero con distintos elementos, estos problemas se daban con mucha frecuencia, se idealizó la creación del sistema de abastecimiento con la metodología Kanban que sirve de apoyo tanto al personal operativo como al personal de abastecimiento, se instalaron estanterías a medida del cálculo previo de cantidades de stocks mínimos en planta, con esto se logró la organización de cada material por puestos de trabajo, el sistema facilita las labores cotidianas del operador porque permite obtener justo a tiempo la cantidad necesaria de materiales para la fabricación de transformadores, se ha logrado disminuir desperdicios de movimientos innecesarios del personal operativo hacia las instalaciones de bodega, y ha facilitado también las actividades del abastecedor debido a que con un simple vistazo permite conocer la proximidad al reabastecimiento, se ha logrado mejorar el control de cantidades entregadas a planta, además de la reducción de un inventario de insumos innecesarios que anteriormente se presentaba, el sistema ha permitido mejorar los indicadores de entregas del producto final.

ABSTRACT

The present investigation project has been developed within the company Ecuatran S.A. It is a supply system that contains visual techniques that guide the operational and supply staff, the project was born by the need to improve the constant problems that were presented, such as the delay in the delivery of products because of the lack of small materials and high demand, all with different specifications according to customer requirements, or situations that affect the quality of the transformer as the placement of substitute materials that are similar, these problems occurred very frequently, then idealized the creation of the visual system that serve as support both staff in plant as for people who are responsible for the supply, shelves were installed to measure the previous calculation of minimum stock quantities in the plant, with this was achieved the organization of each material per job, this visual supply system facilitates the daily tasks of the operator since it allows to get at the reach of the hand, the right amount of materials for the transformers manufacturing, it has been possible to reduce the waste of unnecessary movements of the operative staff towards the warehouse facilities, and it has also facilitated the activities of the supplier due to the fact that with a simple glance it allows knowing the proximity to the replenishment, it has been possible to improve the control of quantities delivered to the plant, in addition to the reduction of an inventory of unnecessary supplies that was previously presented, the system has allowed to improve the delivery indicators of the final product and on time.

INTRODUCCIÓN

La competitividad actual entre empresas ha dado lugar a excelentes ideas para mejorar y aumentar ganancias, de modo que permitan no solo mantener clientes frecuentes satisfechos, sino que las mejoras posibiliten el logro de nuevos clientes, hoy ante la dinámica de la competencia existente, es necesario desarrollar nuevas ventajas competitivas que permitan mejorar la calidad y de esta manera cautivar y asegurar la fidelidad nuevos clientes.

Ecuatran S.A. tiene pedidos aleatorios de empresas nacionales y extranjeras que demandan de calidad y tiempo de entrega oportuna, debido a esto es necesario contar con los materiales de alta rotación en el momento preciso y en la cantidad adecuada de tal manera de que no existan retrasos y se entregue un producto de calidad al cliente.

En la presente investigación se desarrolla una metodología de sentido común para mejorar la eficiencia del trabajo operativo, la cual inicia con el análisis del flujo de valor, que nos permitió identificar los procesos en donde existían mayores desperdicios y actividades innecesarias que debieron ser eliminadas, con el objetivo de transformar el proceso obeso a esbelto, logrando disminuir desplazamientos innecesarios y la optimización de los recursos.

Al aplicar la metodología en la planta Industrial de Ecuatran S.A. se lograron varias mejoras entre las que se puede mencionar: se disminuyen los costos de desplazamientos, se incrementó la capacidad de producción, se mejoró el equilibrio de las operaciones, además se cuenta con mejores condiciones de almacenamiento en planta, lo cual brinda mayor orden y comodidad al operador además de una nueva mejora; se logró implementar control visual y abastecimiento oportuno de materiales de alta rotación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema de Investigación:

“SISTEMA KANBAN EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A.”

1.2 Planteamiento del Problema:

Después de la segunda guerra mundial, Toyota se vio en la necesidad de implementar nuevas alternativas para salir de la crisis económica que asolaba a Japón, luego de estas dificultades surgieron nuevos métodos de producción más eficientes con la utilización de recursos propios y sentido común, eliminando todo tipo de desperdicios y actividades que no agregaban valor [1].

Toyota copió e idealizó el método que tienen los supermercados después de una visita a Estados Unidos, con mercadería a disposición y requerimiento de los clientes, los productos son abastecidos en las vitrinas conforme a su adquisición, inspirado en esta brillante idea crea un sistema que se sustenta en mantener un stock mínimo conforme a necesidades, evitando así los gastos que implica mantener un inventario alto, de igual forma se utiliza el mismo modelo en la ejecución de tareas clasificándolas de acuerdo a su estatus. A través de Kanban, Toyota logró mejorar sus procesos, controlar de mejor forma sus inventarios, disminuir los llamados cuellos de botella y elevar sus estándares de calidad, de esta manera entró en competencia con grandes empresas europeas y estadounidenses [2].

A nivel de Latinoamérica, Kanban ha despertado el interés de varias organizaciones debido a su efectividad en cuanto a resolución de problemas de abastecimiento y de entrega justo a tiempo de productos de cualquier índole. Los mayores problemas que

se presentan en la industria son los paros o tiempos muertos y la mala administración de la cadena de suministro, si una empresa quiere permanecer en el mercado debe ser competitiva en cuanto a calidad en sus productos y óptimo tiempo de entrega. Las empresas se alinean a la mejora continua debido al nivel de competencia que se presenta a medida que avanza el tiempo y la tecnología [3]. La competitividad de las organizaciones va en aumento y se ven obligadas a mejorar sus procesos orientándose cada vez más a cumplir requerimientos y expectativas de sus clientes, estudios previos muestran que con técnicas y herramientas de Lean Manufacturing se han aportado buenos o muy buenos resultados como el 90% en aumento de productividad y reducción de costes [4]. Actualmente existen compañías como el caso de Productivity Latinoamérica entidad Mexicana que se dedica a brindar consultoría, entrenamientos e implementaciones de técnicas de mejoramiento continuo, Lean Manufacturing y Sistemas de Producción Toyota para empresas que operan en los sectores de la industria automotriz, electrodomésticos, muebles, electrónica, textil, alimentos, calzado, papel, vidrio, agroindustria, servicios médicos, entre otras; ubicadas en los países como Estados Unidos, Canadá, México, El Salvador, Guatemala, Costa Rica, Puerto Rico, Honduras, Argentina, Brasil, los resultados que presentaron las empresas tras la implementación de estos sistemas generan ahorros por eficiencias y uso de recursos, eliminando el 100% de posibles riesgos físicos y una reducción de más del 95% en costos de operaciones [5].

En Ecuador la competitividad industrial va en aumento, los clientes son más exigentes en cuanto al tiempo de respuesta, calidad y servicio, pero muy pocas compañías ecuatorianas muestran interés en la implementación de herramientas Lean como parte de su mejora, pese a que la implementación de estos sistemas no necesariamente implica tener que invertir grandes sumas de dinero o costosos sistemas de automatización, en realidad solo es necesario buscar estrategias con recursos propios y un previo análisis de la situación en la que los trabajadores desempeñan sus labores, la mayor parte de empresas que han decidido implementar sistemas Kanban se encuentran en la ciudad de Guayaquil, sin embargo para el resto de empresas ecuatorianas es un tema muy poco estudiado por falta de conocimiento, perdiéndose la oportunidad de mejorar su productividad [6].

El Ministerio de Industrias y Productividad en la ficha informativa de proyecto 2017 resume el estado de la ejecución de programas para la mejora de productividad en las

PYMES, donde se desarrollan proyectos de manufactura esbelta, proyectos que al culminarse estarían cumpliendo objetivos monetarios en cuanto a la matriz productiva del país [7].

En la provincia de Tungurahua solo las empresas más grandes están iniciando con consultorías acerca de estos temas para mejorar productividad, es un sector donde la innovación de proyectos de mejora se instala a pasos tardíos para el nivel de competitividad actual que el mercado exige [7].

Según el reporte del índice de la producción de la industria manufacturera calculada por el Instituto Nacional Ecuatoriano de estadísticas y censos INEC, en nuestro país y provincia, los artículos: aparatos de Distribución, de control eléctrico y sus partes, presentan una disminución del -23.56%, el estudio se realizó bajo la comparación de datos entre el año 2016 y 2017, esta medición se realiza para conocer el nivel de producción de la industria, este decrecimiento se debe al nivel de competencia y calidad que ofertan otras industrias, debido a esto la empresa debe entregar un producto de calidad, a bajo costo y en el menor tiempo posible [8].

Ecuatran S.A. es una empresa ecuatoriana dedicada a la fabricación de transformadores con clientes nacionales e internacionales, actualmente se encuentra en un proceso de implementación de la filosofía Manufactura esbelta, pese a varias mejoras aún persisten paros de producción, pues los ensambles a puertas de convertirlos en productos terminados son detenidos por falta de insumos de alta rotación que debieron ser previamente solicitados a proveeduría nacional, pero al no contar con una herramienta útil de logística, la reacción se torna lenta provocando atrasos en la entrega de producto final, la reposición de componentes se realiza de forma empírica generando un alto volumen de inventario de varios materiales que no son requeridos inmediatamente y existe una falta de materiales que son necesarios para producir.

1.2.1 Delimitación

1.2.1.1 Delimitación del contenido

Campo: Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización

Área académica: Industrial y Manufactura.

Línea de investigación: Industrial.

Sublínea de investigación: Cadena de abastecimientos.

Delimitación espacial: La investigación se realizó en la línea de fabricación de transformadores de la empresa Ecuatran S.A.

Delimitación temporal: La investigación se elaboró durante 6 meses a partir de la aprobación del perfil y de acuerdo a las normativas y lineamientos de la Universidad Técnica de Ambato (UTA) y de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial (FISEI).

1.3 Justificación

El **interés** que muestra el personal de la empresa junto con la alta dirección es la propuesta de resultados favorables en cuanto a la agilidad en sus procesos, una de las mayores expectativas es que la producción no pare por falta de materiales; al contrario, se espera que los resultados generen un sistema *Pull*. La implementación del *Kanban* permite a Ecuatran S.A alinearse a *Lean Manufacturing* permitiendo de esta manera cumplir los plazos de entrega establecidos, afianzando los lazos de confianza con sus clientes.

La **importancia** del proyecto una vez implementado se genera por los ahorros significativos en costos por desperdicios que se dan actualmente por el inadecuado manejo de inventarios y abastecimiento de materiales, se visualiza en el ambiente de trabajo mayor orden y limpieza lo que induce a los colaboradores mayor agilidad en sus actividades, y como consecuencia la empresa será más flexible en sus procesos, podrá cumplir con plazos establecidos mejorando su nivel de ventas y obtiene mayor rentabilidad, esto a su vez influye en la generación de empleo y responsabilidad social de la empresa dentro del país.

El proyecto es muy **novedoso**, da paso al ahorro en inventarios, actualmente la empresa no cuenta con un sistema que regule la cantidad de materiales de alta rotación, estos son distribuidos de forma empírica, según requerimiento del personal que opera en planta y en cantidades no controladas, con este sistema permite que el personal disponga de dichos materiales a medida de su necesidad y llevar un control de cantidades mínimas dentro de los puestos de trabajo, eliminando movimientos innecesarios de su sitio de trabajo.

La **utilidad** que la empresa adquirirá una vez finalizado el proyecto es la implementación del diseño propuesto que genera grandes ventajas como la optimización del nivel de inventario de materiales de alta rotación con el que se cuenta para la fabricación de transformadores, mejora el ambiente laboral por el orden, perfecciona la calidad de sus productos, lo que desencadena a una ventaja competitiva de la empresa frente a la competencia.

Este proyecto es **factible** ya que se cuenta con la aprobación de gerencia y contribución de quienes participan dentro de los procesos productivos y administrativos de la empresa, existe una gran expectativa en cuanto a resultados, al ser un proyecto visual e innovador.

Los **beneficiarios** directos después de la implementación de Kanban son los operarios, debido a que el proyecto instalado permite disponer de los materiales que tienen mayor demanda de acuerdo a la producción ubicados en sitios estratégicos dentro de la planta de producción cumpliendo con la entrega justo a tiempo mediante la instalación de stocks de seguridad por puestos de trabajo, al ser una herramienta totalmente visual que genera un cambio de método de trabajo de gran impacto para el personal operativo, ya que afianza el sentido de pertenencia y responsabilidad, obtienen mayor disponibilidad de materiales a su alcance. Otra institución que se beneficia es la Universidad Técnica de Ambato que adquiere un nuevo proyecto de investigación en la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización y la investigadora se beneficiará por adquirir nuevos conocimientos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

Implementar un sistema Kanban en la línea de producción de transformadores eléctricos en la empresa Ecuatran S.A para reducir los paros de producción en la planta industrial.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Determinar los materiales con que actualmente se realizan los procesos.

- ✓ Especificar los materiales que pueden ser abastecidos mediante la metodología *Kanban* dentro de los procesos de fabricación de transformadores eléctricos en la empresa Ecuatran S.A.
- ✓ Definir los stocks máximos y mínimos a manejar dentro del sistema de abastecimiento *Kanban*.
- ✓ Diseñar un sistema de abastecimiento mediante *Kanban* para materiales de alta rotación en la planta industrial de Ecuatran S.A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Luego de realizar una investigación bibliográfica en los distintos repositorios de las principales universidades, se obtienen los siguientes antecedentes investigativos:

En la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial se ha encontrado una investigación realizada en PRODUCALZA elaborada por el ingeniero Carlos Moposita, quien en sus conclusiones relata que con la implementación básica de un tablero *Kanban* se logran mejoras significativas, además que se obtiene mayor control visual para un reconocimiento ágil de una orden de trabajo dentro del flujo de producción [9].

En la Escuela Politécnica del litoral se encontró una tesis con el título práctica con la implementación de Kanban, trabajo de investigación elaborado por la ingeniera Cyntia Vaca, en donde concluye que con la aplicación de *Kanban*, 5s y principios ergonómicos se obtuvo una mejora en el nivel de servicio en el área de manufactura del 19%, este porcentaje dio lugar a perfeccionar los indicadores generales de la empresa permitiendo alinearse a los objetivos estratégicos en un 16.5% [10].

Así como el trabajo de desarrollo de un sistema para la dirección de proyectos enfocado en la metodología Kanban en la empresa OPENJSOFT elaborado por el ingeniero Mario Robayo de la Escuela Superior Politécnica del litoral, en sus conclusiones relata que la implementación de Kanban facilita la gestión del flujo de trabajo y limita la presión creando un ambiente óptimo de trabajo [11].

De igual manera se ha encontrado el trabajo de investigación elaborado por los ingenieros, Ana Sofía Delgado Añazco y Renato Edmundo Zerega Albán, quienes al realizar su trabajo de titulación concluyen proponer un sistema de control de inventario

híbrido *Push-Pull* para evitar la acumulación de materiales dentro del proceso que incluye la utilización del sistema *Pull*. Además, relata que su aplicación en planta del sistema *Pull* logró una mejora en el tiempo de fabricación de producto en un 57,95% [12].

Se encontró un artículo científico de la revista tecnológica ESPOL elaborado por el ingeniero Julio Gamboa Manzaba, quien destaca que la aplicación de *Kanban* es una opción muy viable e innovadora que ofrece grandes beneficios a quienes lo implementan. *Kanban* es una forma de salir de la rutina por ser una herramienta que motiva el trabajo en equipo, la empresa consiguió un aumento en su productividad concerniente a tiempos de entrega y se puede visualizar en sus indicadores una clara disminución de atrasos en los meses en los que se trabajó con *kanban*, además realiza una encuesta para medir la satisfacción de clientes internos y se presenta una satisfacción del 100% después de la implementación [13].

También se encontró el siguiente trabajo de investigación elaborado por la Ingeniera Glenda Jumo en la Universidad Técnica de Machala, en los resultados que presenta se observa que con la metodología *kanban* se reduce la cantidad del tiempo estimado, se analizó los procesos de perfilado y pegado basándose en los tiempos de demora anteriores que fueron comparados con los que sería al aplicar *Kanban*, se valora la diferencia de tiempo debido a que se reduce de: 3 horas 35 minutos y 55 segundos a 2horas 55 minutos y 55 segundos, como se puede apreciar hay una reducción considerable de tiempo, además argumenta que *kanban* reduce los niveles de inventario y genera una producción estrictamente de lo necesario [14].

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 Ingeniería Industrial

Es una disciplina que consiste en adaptar todos los conocimientos adquiridos en función de satisfacer y solucionar necesidades cotidianas utilizando sentido común y todo el sistema del entorno, es decir ingeniería es la aplicación profesional de la ciencia en favor de facilitar el esfuerzo del hombre. Es una de las ramas del conocimiento que encierra creatividad, innovación y sentido común. Es fundamentalmente pragmática y se autoperfeciona constantemente [15].

La ingeniería evoluciona a partir de la era primitiva, donde el hombre utiliza los recursos de su entorno para mejorar su nivel de vida, como ejemplo, aprovecha las cuevas para residir y lo que le ofrece la naturaleza para subsistir. Desde esta época el hombre construye sus herramientas de trabajo, desarrolla la agricultura, caza, pesca, con esto nace la necesidad de innovación y organización del trabajo con el objetivo de ganar productividad y disminución de esfuerzo [1]. La humanidad fue dando existencia a la ingeniería con el paso del tiempo de manera práctica al aplicar los conocimientos adquiridos por generaciones y mejorando sus condiciones de vida [15]. Después de transcurridos siglos podemos evidenciar grandes avances, el tipo de vivienda, la comunicación a grandes distancias en tiempo real, la energía utilizada en beneficio del hombre, el transporte por aire, mar y tierra, satélites, avances en medicina, todos estos beneficios obtenidos gracias al desarrollo de la ingeniería que surge a finales del siglo XVIII y durante el siglo XIX con la llamada revolución industrial [16]. Ingeniería industrial es el área del conocimiento humano, que forma profesionales capaces de planificar, diseñar, evaluar, implementar, crear, operar, y controlar eficientemente compañías integradas por personas, materiales, equipamiento, infraestructura y tecnología. Con el objetivo de asegurar la eficiencia de los procesos y con ello obtener mayor ganancia económica [15].



Fig. 1 Enfoques sistemáticos Ingeniería Industrial [17]

De acuerdo a la Fig. 1 el ingeniero Industrial es capaz de ejecutar ideas de un pensamiento no clásico que surge de la búsqueda continua por la perfección, haciendo uso de los métodos y conocimientos adquiridos. El ingeniero Industrial en el ejercicio de su profesión debe superar las ideas tradicionales a fin de alcanzar soluciones

integrales mediante el análisis global de su entorno y con la propuesta de cambio que permita incrementar la satisfacción de su equipo de trabajo.

2.2.2 Sistema de Producción Toyota

El sistema de producción Toyota surgió a partir de una necesidad, en aquel entonces existían algunas restricciones en el mercado, necesitaban de la producción de pequeñas cantidades y de amplia en condiciones de poca demanda, a estos sucesos se enfrentaba la industria japonesa del automóvil. El objetivo más importante de un sistema de producción Toyota ha consistido en eliminar de forma implacable todo tipo de desperdicios incrementando la eficacia de sus procesos siempre con respeto a la humanidad, la implementación del sistema Toyota inició después de la segunda guerra mundial, pero realmente empezó a atraer la atención de las industrial después de la crisis de petróleo, los gerentes de las empresas japonesas pasaron por una crisis económica que les obligó a disminuir su producción desde esos tiempos difíciles implementan esta idea innovadora y empezaron a visualizar resultados positivos. [1] Taichí Ohno es el hombre responsable del sistema de producción Toyota, Ohno es un hombre resuelto y con habilidades especiales para visualizar los inconvenientes en forma global y da soluciones rápidas y prácticas, la idea que nace a partir de una necesidad, donde el sistema convencional consistía en enviar los productos al proceso posterior en forma cotínua, sin contar las necesidades del proceso, donde los trabajadores perdían el tiempo en guardar herramientas y elementos necesarios, para después desperdiciar tiempo en buscarlos nuevamente en vez de cumplir con su tarea, entonces nace a idea de eliminar el desperdicio de tiempo, esto fue importante para cambiar el método de trabajo, se realizó una redistribución de máquinas para eliminar desplazamientos y acondicionó lugares estratégicos cercanos para almacenamiento de piezas claves [1].

La industria y ciertos tipos de negocio tienen una percepción errónea de la cantidad de materiales para fabricar, piensan que si logran abastecerse de una cantidad considerable están seguros para continuar, sin embargo esta forma de acumulación de materiales no es práctica, basta con proveer de la cantidad justa, en el momento justo y a medida de la necesidad. En un periodo de baja economía el hecho de mantener alto stock conduce a pérdidas por exceso de producción, desperdicio por productos defectuosos que se traducen a pérdidas económicas [1].

Pilares fundamentales del sistema de Producción Toyota.

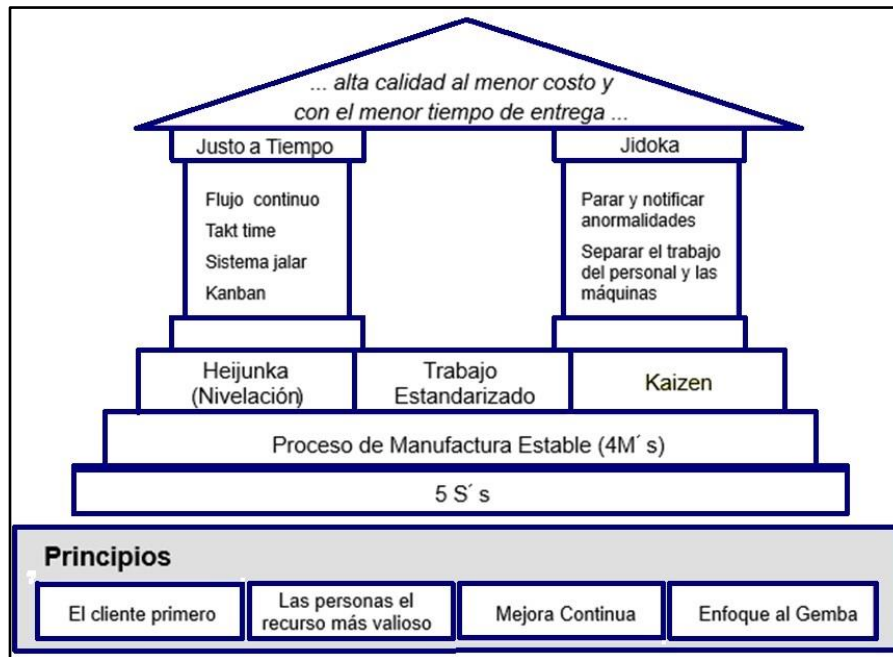


Fig. 2. Pilares Fundamentales Sistema de Producción TOYOTA [18]

La figura No.2 representa las bases en las que se sustenta el sistema de producción Toyota conocido también como Sistema de Producción Flexible.

Como se puede apreciar en el techo del esquema se encuentra el objetivo del sistema: “Alta Calidad al menor costo posible y en el menor tiempo de entrega”

El punto de partida de un sistema esbelto es definir el valor. El valor es aquel creado por el productor y solo puede ser percibido por el cliente o usuario final, en términos de satisfacción de necesidades [19].

La clave del SPF es la eliminación de los siete desperdicios mencionados en la figura 3.

Desperdicio. - Es toda actividad que no agrega valor al producto, pero si agrega costo. Cualquier otra cosa que no le da valor al producto final, materiales, ensambles, espacio, tiempo, desplazamientos, mismos que son esenciales, pero al no estar controlados pueden considerarse como desperdicio.

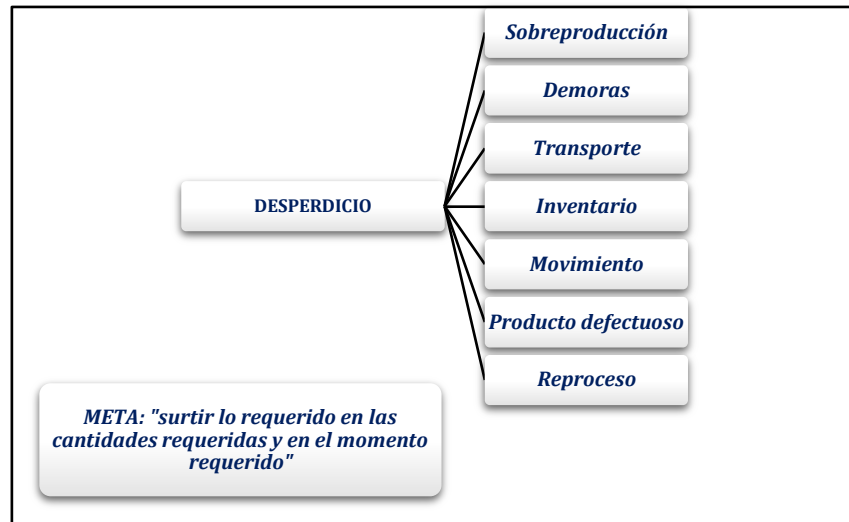


Fig. 3 Desperdicio [17]

Actividades relevantes del modelo de Producción Toyota

Eliminación de desperdicios

Consiste en identificar y eliminar todo aquello que no agrega valor al producto, tales como energía subutilizada, luz, agua, aire, productos defectuosos, tiempo, desplazamientos innecesarios, iluminación y condiciones de ambiente inadecuados, esperas innecesarias, trabajos sin utilidad, realización de informes o documentos que ya no se necesitan, se podría citar varios más [20].

Búsqueda de la simplicidad de trabajos

Hacer que el trabajo de los operarios sea más liviano y directo, es decir ponerse en los zapatos del trabajador y simplificar su trabajo, facilitando sus actividades de tal manera que se reduzca el esfuerzo empleado [20].

Cero defectos en los productos

Alcanzar a tener un flujo de producción donde no haya que revisar el producto una vez fabricado, sino que durante el proceso los operarios sean capaces de comunicar defectos y no dejar pasar al siguiente proceso, pues al permitir que el producto defectuoso encontrado continúe se pierde tiempo de mano de obra y materiales que a su vez serán recuperados, esto se traduce a dinero perdido [21].

“La calidad empieza en la gente, no en las cosas” Philip Crosby [21].

Aseguramiento de Calidad

Aplicación de técnicas métodos y programas además de utilizar herramientas estadísticas, programa cero defectos, Ingeniería de fiabilidad, Contabilizar el costo de

productos no conformes. Sistema que brinda la importancia de la calidad desde el diseño hasta la obtención del producto final, los objetivos planteados son; no permitir que lleguen defectos al cliente y evitar que se produzca un error por repetidas ocasiones [22].

2.2.3 Metodología Kanban

Es una metodología de trabajo que se basa en técnicas visuales para administrar recursos o avances de trabajo dentro de una organización, permite gestionar tareas y actividades a tiempo, debido a la disponibilidad de información o materiales. *Kanban* requiere de alto grado de compromiso por parte del equipo de trabajo para obtener resultados y mejoras en la capacidad de producción [23].

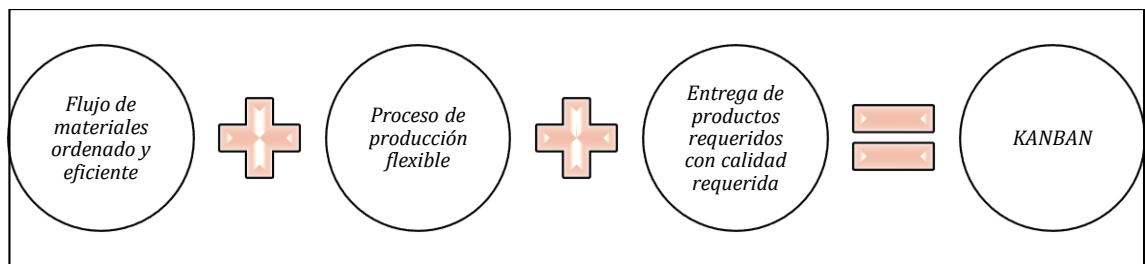


Fig. 4 Propósito Kanban [24].

La Figura 4 destaca el propósito principal de un sistema de producción *Kanban* donde al aplicarlo se obtienen como resultados; flujo continuo de insumos en forma ordenada y eficiente, mejoras en el control de sus procesos y nivel de inventarios, entrega de productos en el tiempo esperado, optimizando cantidades de materiales a utilizar dentro de la planta, eliminando desperdicios de recursos, los procesos se transforman en flexibles o adaptables a cualquier cambio, lo que resulta la disminución de tiempos de fabricación [25].

Se lo conoce también como sistema *Pull* pues la última estación es quien marca el ritmo de la producción, los ensambles son jalados por el proceso subsiguiente a medida de la necesidad, es importante mencionar que este sistema es capaz de controlar la producción porque brinda la facilidad de fabricar la cantidad de productos necesarios con materiales justos dentro de los tiempos establecidos [25].

a) Principios del *Kanban*

La filosofía *Kanban* se creó bajo los siguientes principios:

- Eliminación de desperdicios.

- Participación completa del personal involucrado.
- Mejora continua.
- Flexibilidad de mano de obra.
- Organización y visibilidad
- Funcionamiento del sistema *Kanban* de materiales
- Visualizar la cantidad de material disponible.
- Poder empezar cualquier operación en el momento justo.
- Prevenir la pérdida de tiempo por desplazamientos innecesarios por la alta disponibilidad de material de alta rotación.
- Prevenir la tramitología innecesaria [26].

b) Funciones del sistema *Kanban*

Uno de los anhelos de todo empresario es producir estrictamente lo necesario en el tiempo justo y sin desperdicios, el *Kanban* es una alternativa excelente para solucionar esas necesidades. Una de las características más importantes de *kanban* es su flexibilidad debido a la adaptabilidad de esta herramienta a cualquier tipo de empresa, es decir, se ajusta a las necesidades del cliente.

Control de producción. - *Kanban* y *JIT* trabajan conjuntamente para lograr producir la cantidad justa en el tiempo justo y sin desperdicios.

Procesos. - Cuando ya hemos podido controlar la producción se lograrán mejorar los procesos, reducir la cantidad de inventario, se optimizará la capacidad de producción [27].

c) Pasos para implementar *Kanban*

Es muy importante tener en cuenta que para la implementación se debe tener el apoyo y compromiso de todo el personal involucrado, desde la alta gerencia, personal de supervisión, administrativo y operativo.

Primera etapa. - Diseñar el sistema *Kanban* que se implementará posteriormente, para iniciar se debe efectuar un plan piloto y verificar el resultado antes de su aplicación total.

Segunda etapa. - Formar al personal acerca de las ventajas y beneficios que obtienen mediante la aplicación de disciplina para mantenerlo en funcionamiento permanentemente.

Tercera etapa. - Implementar *Kanban* en las áreas con mayor cantidad de inconvenientes detectados, se debe continuar con el entrenamiento permanente al personal dentro de la planta.

Cuarta etapa. – Implementarlo en el resto de los procesos, es importante contar con la opinión de los operarios quienes serán los usuarios del sistema.

Quinta etapa. - En esta última etapa se deben medir los resultados y revisarlos para corregir posibles eventos y buscar oportunidades de mejora dentro de la planta [28].

Kanban – Gestión de logística Interna, abastecimiento de materiales

Kanban como facilitador de la gestión de logística interna, es un método adecuado para ajustar la producción y mejorar la eficiencia de aprovisionamiento de materiales.

d) Tipos de Kanban

❖ Control de Producción mediante tarjetas *Kanban*

Es el más conocido y consiste en controlar en forma armónica la fabricación de productos el flujo de producción a través de tarjetas de aviso denominadas órdenes de producción que actúan como testigo del proceso de producción, la información dispuesta en las tarjetas es: ítem transportado, número de piezas por contenedor, número de orden de producción, número de órdenes por pedido. Ver figura 5.

Ventaja: es muy sencillo y versátil.

Desventaja: se pierden.

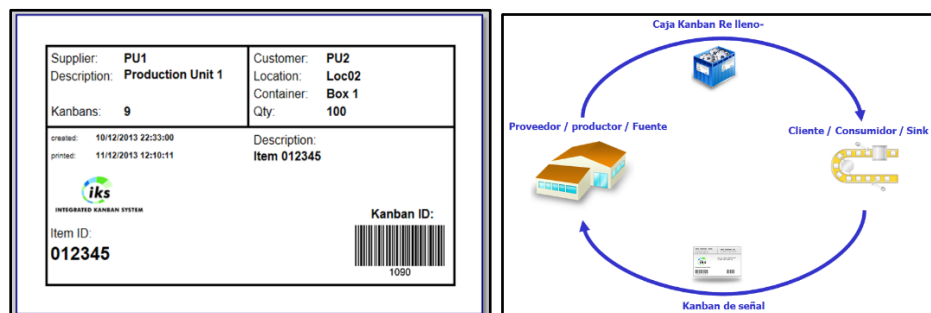


Fig.5 Kanban tarjetas [24]

❖ Sistema de abastecimiento Kanban.

Sistema de abastecimiento, los contenedores son los que tendrán la información adecuada para el trabajo en planta, donde existirá un único abastecedor y se repondrá el material a medida del requerimiento.

Este es el sistema que se implementará en la planta industrial Ecuatran S.A. debido a la naturaleza de sus insumos y productos a través de la utilización de estanterías dinámicas de control visual FIFO.

Estanterías dinámicas FIFO

“Firts In - Firs out”

Primero dentro-primero fuera, estas estanterías inclinadas son adecuadas para facilitar el desplazamiento de las gavetas que contienen el material aprovechando la gravedad, se puede utilizar también rodillos o mesas de bolas para facilitar el desplazamiento si se trata de materiales de mayor peso. Este mecanismo garantiza que el material se consuma según su abastecimiento, es decir se consumen los artículos que mayor permanencia tengan en el sitio [29].

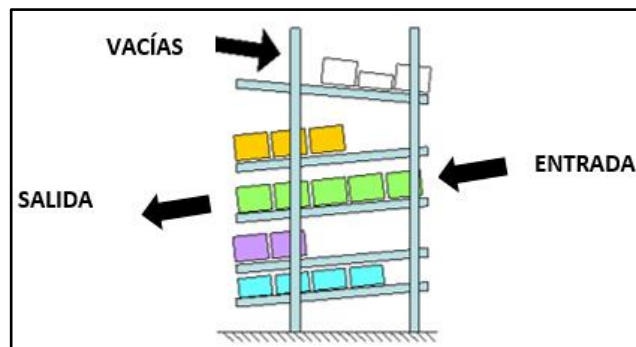


Fig. 6 Estanterías FIFO [29].

El tratamiento del material a abastecer será el siguiente:

Similar al tratamiento de un supermercado, los materiales son abastecidos según el cliente consuma dichos materiales idea creada por Taiichi Ohno uno de los creadores del TPS, quien cuando visitó Estados Unidos en los años 50 se impresionó al ver a los supermercados norteamericanos y copió el sistema de reposición que observó, mediante el cual los materiales son abastecidos según el consumo real del cliente.

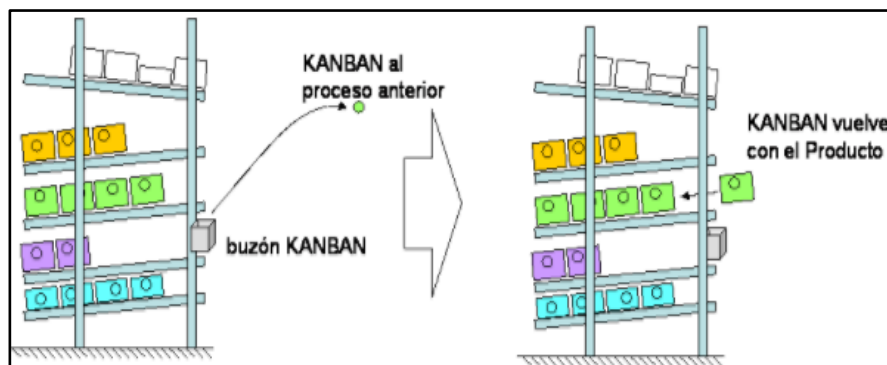


Fig. 7 Funcionamiento Estanterías FIFO [29].

Ventajas

- Inventario transparente, cuadrado sistema con la realidad.
- Hay un sitio para cada cosa.
- El stock máximo puede limitarse sencillamente.
- Se hace posible definir un stock mínimo.
- Es un método visual, facilita su reposición inmediata, lo que ha salido del supermercado ha de ser repuesto inmediatamente.

Dimensiones

La medida del mueble o estanterías dependerán de la frecuencia de uso y el plazo de reposición según la necesidad, analizando el tamaño de los materiales [29].

2.2.4 Estudio del trabajo

Conjunto de técnicas que sirven para analizar y examinar el trabajo humano, se utilizan para evaluar el desempeño del proceso en sí, y todos los factores que intervienen, con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y la normalización de estándares de trabajo [30].

Estudio de métodos. - Establecimiento de metodologías más eficientes y económicas para realizar las actividades [30].

Medición del trabajo. – Es la técnica que se utiliza para determinar el tiempo real que demora una tarea en llevarla a cabo, diferenciando actividades que no agregan valor con el objetivo de eliminarlas [31].

Tiempo estándar. - Es el tiempo que tarda un operario con entrenamiento y habilidad e realizar una operación y trabaja a un ritmo constante, este tiempo se obtiene con la aplicación de la ecuación (1).

$$\text{Tiempo estandar} = \text{tiempo normal o básico} + (\text{holgura} * \text{tiempo normal}) \quad (1) \quad [30].$$

2.2.5 Mapeo del flujo de valor (VSM)

Es una técnica gráfica que sirve para entender los procesos e identificar desperdicios, permite detectar fuentes de mejora para una ventaja competitiva, un flujo de valor indica toda la secuencia del proceso, incluye. Información, materiales, factores que el cliente valora [32].

Tipos de actividades en un flujo de valor. - las actividades que tienen un valor agregado son aquellas que el cliente está dispuesto a pagar, existen otras operaciones inherentes al proceso que son necesarias para la fabricación pero que no le agregan valor al producto, estas actividades son las que se deben reducir sin afectar las políticas de la empresa, además hay otras actividades que no agregan valor al producto ni son necesarias, pero son un verdadero desperdicio [1].

Indicadores

Takt time.- Tiempo objetivo al cual el sistema debe adaptarse, indicador de la frecuencia de compra de un cliente, su cálculo se obtiene con la siguiente ecuación [33]:

$$takt\ time = \frac{tiempo\ disponible}{unidades\ demandadas} \quad (2)$$

Los datos más relevantes que se deben tener en cuenta para la realización del VSM actual los detallo a continuación:

- Tiempo de ciclo (operador – máquina)
- Tiempo de cambio de producto
- Inventario promedio en cola
- Número de operadores en cada proceso

Simbología

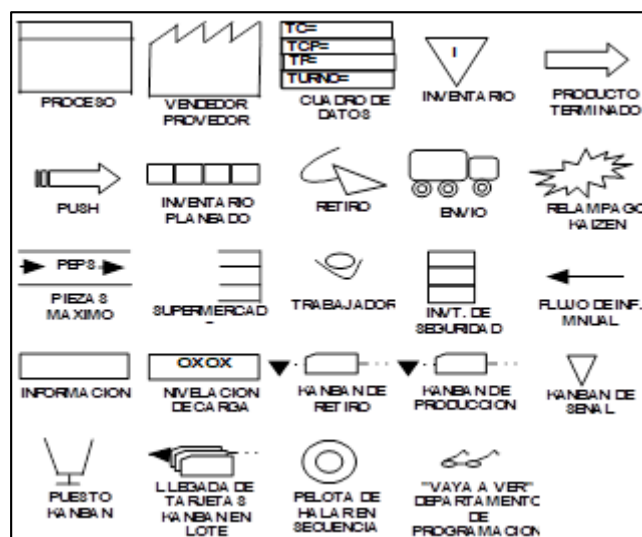


Fig. 8 Simbología VSM [32].

2.2.6 Empresa

Ecuatran S.A. Es una empresa dedicada a la fabricación de transformadores de energía eléctrica, servicios integrados de reparación y mantenimiento de transformadores, fundada en la ciudad de Ambato-Ecuador en el año de 1979 gracias a un grupo de empresarios que decidió emprender en un nuevo mercado con el apoyo de dos socios extranjeros que aportaron con tecnología, la idea fue crear una empresa que brinde soluciones eléctricas a nivel nacional.

Desde el 2004 Ecuatran tiene presencia en diferentes mercados internacionales. La exportación de nuestros productos es a distribuidores especializados de material eléctrico y del sector petrolero.

Perú (distribuidor Operandina) fue el primer mercado al que llegó Ecuatran. Después exportamos a Panamá (Ring Ring), y Transformadores Petroleros a Venezuela (Baker Hughes). Otros países en los que Ecuatran tiene presencia son México, Nicaragua, Costa Rica y El Salvador.

Ecuatran tiene el compromiso de mejorar día a día para ofrecer a sus clientes un servicio y producto de calidad, en el 2014 implementó el proceso Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta). Este proceso es un modelo de gestión enfocado a la generación de flujo continuo.

Buscamos entregar alta calidad al menor precio y con menor tiempo de entrega. Este proceso asegura la calidad, minimiza los desperdicios y siempre está en mejora continua. Esto garantiza al cliente menor tiempo de entrega en las unidades y precios competitivos.

Los transformadores de Ecuatran son de calidad mundial, confiables, eficientes, competitivos que han generado relaciones a largo plazo.

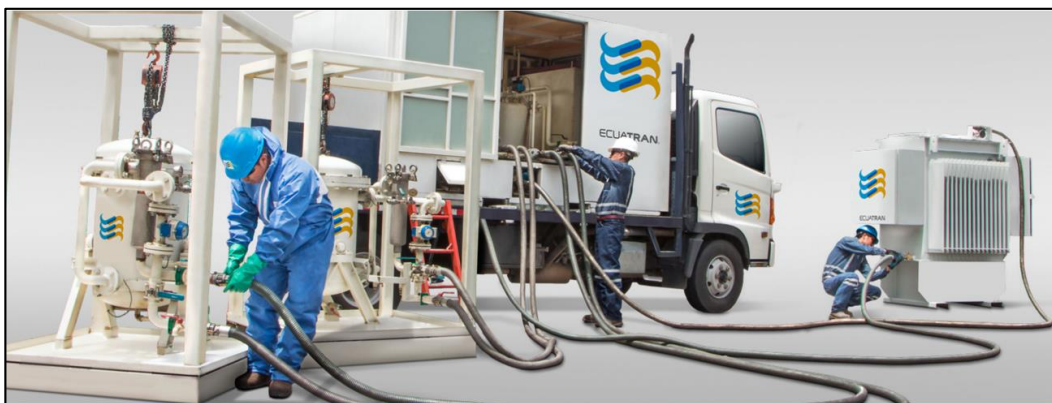


Fig.9 Gemba Ecuatran [18].

En Ecuador nuestro crecimiento ha sido permanente y eso lo demuestra nuestros productos, así como nuestros Estados Financieros y de Resultados.

Misión. “Facilitar el uso de la energía con productos, soluciones y servicios de calidad, trabajando conjuntamente con nuestros clientes, con un alto compromiso y profesionalismo de nuestros colaboradores para generar rentabilidad a los accionistas y apoyar al desarrollo de la comunidad.”

Visión. “Ser la compañía líder que fabrica y comercializa transformadores y soluciones para distribución eléctrica, atendiendo a sus clientes agregando valor, calidad y tecnología.”

Valores

- Compromiso social
- Respeto
- Lealtad
- Cumplimiento del marco Legal
- Satisfacción del cliente
- Trabajo en equipo
- Mejoramiento continuo.

2.2.7 Transformadores Eléctricos

Transformador

Es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión de un circuito de corriente alterna manteniendo la potencia, la medición de la potencia que ingresa al transformador debe ser igual a la medición de potencia de salida, este caso es el de un transformador ideal [34].

Su principio de funcionamiento es por inducción electromagnética, se constituye por bobinas fabricadas de material conductor devanadas sobre un núcleo ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente, el núcleo es construido con láminas de acero al silicio, aleación adecuada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas son llamadas primarios o secundarios según sean entradas o salidas [34].

Elementos del transformador

Potencia. - Es la capacidad de un transformador, es la cantidad de corriente que puede entregar un transformador.

Voltaje de entrada. – Son voltajes variables suministrados por las empresas eléctricas que como su nombre indica ingresan al transformador.

Voltaje de salida. - Es el voltaje suministrado por el transformador para uso del cliente. Generalmente es de 220 y 110V

Especificación. – Es el diseño de la Parte activa, incluye todas las instrucciones y materiales para su construcción como; número de espiras, materiales, cantidad de aislamiento y cantidad de material conductor, partiendo del requerimiento del cliente.

[18]

Clasificación de los transformadores Por el uso

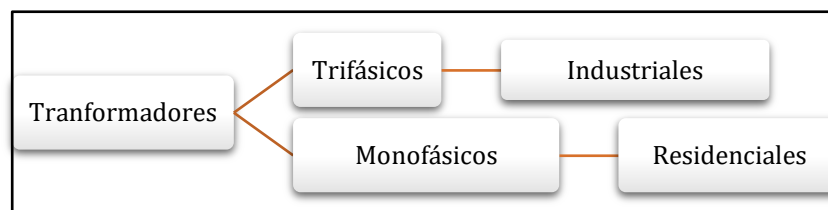


Fig. 10 Clasificación de Transformadores según el Uso [18]

Clasificación Según el tipo de construcción y Uso



Fig.11 Clasificación de Transformadores según el tipo de construcción y operación [18]

Tipo Subestación. – Transformador comúnmente usado para transferir la energía eléctrica a circuitos de servicios del consumidor: industrial, comercial y residencial. Se los puede montar en poste o cámara de distribución de acuerdo a las normativas de las empresas distribuidoras de energía eléctrica [18].

Tipo Padmounted. - Se lo conoce como frente muerto, debido a que sus terminales de Alta Tensión están aislados y separados mecánicamente a través de una carcasa metálica de protección, generalmente se lo utiliza a nivel del suelo y cerca de las actividades humana.

Tipo radial. - Conocido también como fin de línea debido a que no permite continuidad de línea.

Tipo Anillo. – Pueden ser conectados a otros transformadores con el fin de extender la red de alimentación primaria [18].

Transformador seco. - Como su nombre lo indica está libre de aceites, transformadores que por la necesidad de operación del cliente como ejemplo por medidas de inocuidad alimentaria, seguridad y manejo ambiental no incluye aceite y su composición es de materiales más costosos [18].

Clasificación de transformadores por protección

Transformadores Auto protegidos.

Transformado convencional construido con elementos de protección, seleccionados bajo el criterio del control óptimo de pérdidas de energía sin perjuicio de vida útil, su función principal es proteger el módulo del transformador

- ❖ Protección sobretensiones. - Pararrayos.
- ❖ Sobrecorrientes por cortocircuito. - Fusible de expulsión.
- ❖ Sobrecarga. - Interruptor termomagnético. [18]

Transformador Convencional. - Transformador comúnmente usado para transferir la energía eléctrica a circuitos de servicios del consumidor: industrial, comercial y residencial.

Transformadores de distribución Monofásicos. - Son aquellos que tienen una o dos líneas de media tensión según la conexión, fabricados para montaje en poste. Fig. 12.



Fig. 12 Transformador monofásico [18].

Transformadores de distribución Trifásicos

Son aquellos construidos y fabricados para brindar energía con montaje en poste o cámara de distribución de acuerdo a las normativas de la empresa eléctrica. Tienen tres

líneas de media tensión y tres o cuatro líneas de baja tensión. Su uso es industrial y comercial. Se fabrica según requerimiento técnico [18]. Fig. 13.



Fig. 13 Transformadores trifásicos [18].

Línea de producción

Ecuatran S.A. ha definido claramente dos líneas de producción.

- ❖ Construcción de transformadores monofásicos.
- ❖ Construcción de transformadores trifásicos.

Cabe mencionar que los procesos iniciales se realizan para las dos líneas por igual debido a que un transformador está construido de bobina y núcleos, las diferencia son la cantidad de fases, potencia, voltajes y características particulares según requerimiento del cliente, por ello las actividades productivas son Bobinado, Metalmecánica y Núcleos, a partir de este proceso, desde que inicia ensamblaje se dividen por productos; monofásicos y trifásicos, en la Fig.17 se observa el esquema de las líneas de producción de Ecuatran S.A. junto con el layout de la planta Fig.62 industrial que proporcionan la información del flujo de producción.

Para iniciar las operaciones se requiere información técnica proporcionada por el área de diseño.

Diseño eléctrico. -Consiste en determinar las dimensiones y características de los elementos internos del transformador, así como de los materiales de aislamiento dieléctricos. Cálculo de las dimensiones de las Bobinas de Alta tensión y baja tensión de acuerdo al requerimiento de los clientes. Toda esta información es proporcionada al área de Bobinado para su correcta fabricación incluidos los diseños impresos como se muestra en la fig.14.

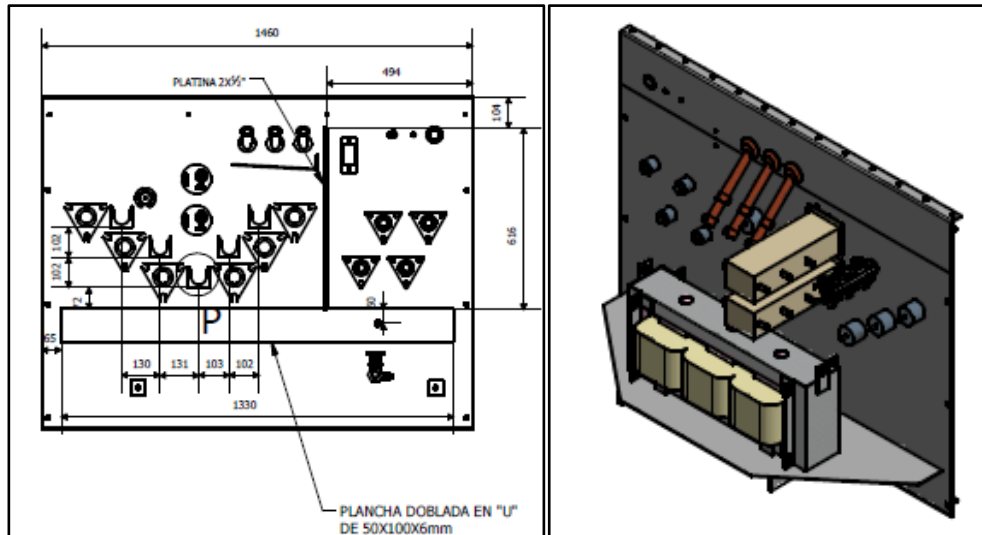


Fig.14 Segmento del diseño mecánico de un transformador trifásico Padmounted de 50Kva [18].

Diseño mecánico. - Se realiza el diseño mecánico de toda la infraestructura física del contenedor del transformador, es entregado a metalmecánica para su posterior fabricación.

Bobinado. - Consiste en envolver láminas de cobre o aluminio, papel aislante y alambre de cobre o aluminio según especificaciones entregadas por el área de diseño.

Armado de núcleos. - Medición corte y doblado de láminas de acero al silicio, para posteriormente armar y enzunchar y finalmente quede en forma de un bloque de láminas, luego pasa a un proceso de curado.

Ensamblaje Núcleo-Bobina. - El proceso de ensamblaje consiste en unir las bobinas con el núcleo, después acomodar y acondicionar los terminales de alta y baja tensión, aislarlos y soldar extensiones en los terminales, remachar conectores y terminales, colocar accesorios de acuerdo a la característica física de cada transformador, las características originales son proporcionadas por el área de Ingeniería y Desarrollo.

El proceso se realiza de la siguiente manera; se toma inicialmente la primera lámina desde el interior del núcleo, se abren sus extremos y se desarma el núcleo, mientras se desmonta el núcleo lámina por lámina, se inserta en las bobinas abriendo los extremos y abrazando el costado de la bobina con la lámina una por una hasta finalizar el paquete de laminación, finalmente se sujetan los núcleos perimetralmente con un suncho y fleje. Otro elemento es indispensable, la inserción del marco, se trata de una estructura metálica con que se soporta el conjunto núcleo-bobina (parte activa), para que esto

pueda ajustarse al tanque, para esto son necesarios, rodela tuercas de presión, rodela planas, como se observa en la fig.15.



Fig.15 Ensamblaje parte activa, Núcleo – Bobina [18].

Proceso de secado Núcleo Bobina y ensamblaje al tanque

Un proceso indispensable en el ciclo de fabricación es el proceso de secado, debido a que cualquier indicio de humedad es un riesgo de falla del transformador [18].

Secado.- Consiste en someter al conjunto Núcleo Bobina a un proceso de horneado a una temperatura de 150°C, el tiempo dentro del horno puede durar de 8 a 14 horas, dependiendo del tamaño de la bobina o capacidad del transformador, una vez secado el conjunto es sacado del horno con la ayuda de puentes grúa se inserta en el tanque, y aun con temperatura elevada se realizan las conexiones dentro del tanque de accesorios y colocado de la tapa, después se realiza el proceso de vacío a una presión negativa, llamada también como presión de vacío [18]. Fig. 16.



Fig.16 Secado parte activa, Núcleo – Bobina.

Fabricación Tanque (Metalmecánica). - Se fabrican partes metálicas del transformador, como tanque, armarios, puertas, tapas, soportes de izado, marcos para la parte activa entre otros elementos de soporte y contenedores metálicos, con procesos

de medición, corte, doblado, embutido, barolado, formado, soldadura, perforado, pulido, granallado, pintura [18].

Entancado. - Se realiza la inserción de la parte activa al tanque, en esta área se realizan conexiones de accesorios internos del transformador y también la colocación de accesorios externos [18].

Vacío. - Posterior al Entancado se somete al tanque sellado a una presión de vacío permitiendo de esta manera evitar pérdidas de potencia por la conductividad de presencia de humedad [18].

Llenado. -Aun con la presencia de presión de vacío se inserta aceite vegetal libre de PCBs, se utiliza aceite dieléctrico que sirve como aislante y un medio de enfriamiento para el transformador [18].

Terminados. - Luego de realizadas las pruebas en laboratorio se transporta el transformador al área de terminados, se corrigen fallas de pintura, se colocan stickers adhesivos de identificación y logos correspondientes, se ubica el transformador en el pallet se realiza una revisión final de calidad y se libera el producto final [18].

Esquema del proceso de fabricación de transformadores trifásicos y monofásicos

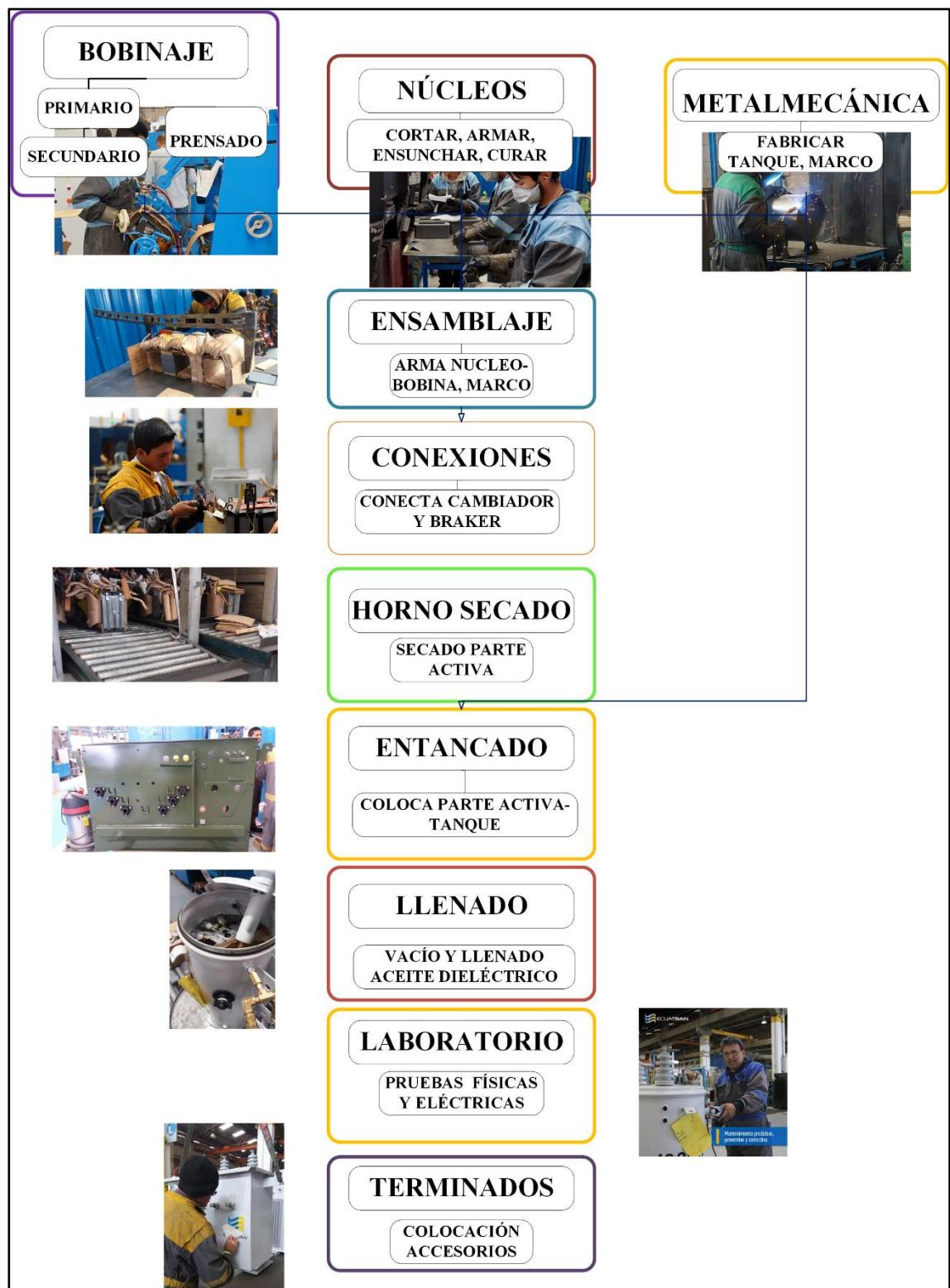


Fig.17 Esquema del proceso de fabricación de transformadores trifásicos y monofásicos [18].

2.3 Propuesta de solución

De acuerdo a las investigaciones realizadas se ha detectado paros de producción por desabastecimiento de materiales de alta rotación y por este motivo se ha decidido implementar de una de las herramientas más novedosas de la Filosofía *Lean Manufacturing*: el sistema de manufactura esbelta *Kanban* debido a su flexibilidad, facilidad de manejo y de gran efecto visual que despertará el interés de quienes operan en Ecuatran S.A. Pues hará que su trabajo sea mucho más efectivo, eficiente y con la mejor calidad, contarán con abastecimiento adecuado de materiales sin desperdiciar el tiempo en desplazamientos innecesarios hacia bodega, además de evitar el desperdicio de materiales y otros recursos, se evidenciará organización en la disposición de materiales y herramientas para cada estación de trabajo, con el objetivo principal que toda empresa persigue “la satisfacción de sus clientes” pues se podrá entregar el producto en perfecto estado de funcionamiento a su destino en el tiempo de entrega programado inicialmente.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la Investigación

La investigación es de tipo aplicada debido a que se utilizan conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización y con ello se desarrolla una solución a la problemática que se presenta actualmente dentro de los procesos productivos de Ecuatran. S.A.

3.2 Investigación bibliográfica – documental

La presente investigación es de dos modalidades: bibliográfica - documental, ya que es necesario contar con el sustento teórico que garantice la aplicación de herramientas *Toyota* lo que nos ayudará a tomar decisiones y mejorar la calidad del proceso, citando diferentes criterios en documentos, libros, revistas científicas y tesis que guarden estrecha relación con el tema.

3.3 Investigación de Campo

Se trata de una investigación de campo ya que los datos se obtendrán directamente dentro del proceso productivo, información recopilada mientras transcurren las actividades mediante herramientas de observación, así como también realizar encuestas al personal operativo.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

Para el estudio de la información se contó con la opinión del personal administrativo, de control de procesos y personal operativo que tienen estrecha relación con la necesidad encontrada, la tabla 1, muestra el número de personas que ejercen sus actividades en los distintos procesos que integran las áreas en estudio.

Tabla 1 Población [18].

Población	Número
Ensamblaje	52
Metalmecánica	47
Jefe Planta	1
Supervisores	5
Jefe bodega	1
Abastecedores	4
TOTAL	110

3.4.2 Muestra

Para el estudio de la información necesaria de utilidad para el proyecto de investigación se trabajará con una muestra, debido a que el número de la población en estudio supera el número 100, ecuación (3).

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q} \quad (3) \quad [35]$$

donde

N: es el tamaño de la población o universo.

k: constante que asignamos para el nivel de confianza o asertividad de resultados, en este caso utilizaremos el nivel de confianza 90% que corresponde a la constante $k=1,65$.

e: error muestral, diferencia entre el resultado que obtengamos a partir de la muestra y el que obtendríamos si preguntamos a la totalidad de la población.

p: porción de individuos que poseen la característica de estudio.

q: porción de individuos que no poseen la característica de estudio; $p-1$.

n: número de encuestas a realizar.

Datos:

$$\begin{aligned}
N &= 110 \\
k &= 1.65 \\
e &= 5\% \\
p &= 0.5 \\
q &= 0.5;
\end{aligned}$$

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

$$n = \frac{1.65^2 * 0.5 * 0.5 * 110}{(0.05^2 * (110 - 1)) + 1.65^2 * 0.5 * 0.5} = 79$$

El tamaño de la muestra para el estudio es 79, que será el número de encuestas a realizar.

3.4.3 Recolección de la información

La recolección de la información necesaria se realiza a través de la observación, y encuestas al personal que labora directamente con los procesos productivos en estudio, además se utilizó información de libros, revistas científicas, tesis, artículos científicos, e internet.

Como primer paso se elegirá el tipo de instrumento de recolección de datos; encuesta, directamente al personal, después se ejecutarán la recolección de datos y finalmente se dispuso de los indicadores de los resultados obtenidos.

Para la valoración de la situación actual del manejo de inventarios es necesaria la investigación de campo con el método de la observación directa al proceso y la recolección de datos desde el sistema *ISMART*, además de un análisis del tratamiento de inventarios y abastecimiento de materiales. Se trabajó con datos históricos de reposición de materiales para conocer el *lead time* de cada uno, información necesaria para el cálculo posterior de cantidades mínimas que permiten tener un equilibrio adecuado para evitar desabastecimientos o a su vez impedir sobre stocks de material innecesario.

3.4.4 Procesamiento y análisis de datos

Listas de observación.

- ✓ Registrar materiales más utilizados de acuerdo a puestos de trabajo.
- ✓ Enlistar cantidades utilizadas de materiales comunes entre transformadores.

- ✓ Interpretación de información.

Encuesta.

- ✓ Consolidar la información.
- ✓ Tabular resultados.
- ✓ Interpretación y análisis de resultados.
- ✓ Resumen y presentación de resultados.

Se realizó la revisión discriminativa de los resultados, es decir se eliminó la información no pertinente o incompleta.

3.4.5 Desarrollo del Proyecto

- ❖ Conocer el sistema de Abastecimiento de la empresa Ecuatran S.A.
- ❖ Revisar listados de materiales.
- ❖ Revisar cantidades y materiales que se instalan en cada transformador.
- ❖ Revisar históricos de consumo.
- ❖ Revisar la capacidad de la planta.
- ❖ Analizar stocks de cada material.
- ❖ Levantar las operaciones en planta.
- ❖ Elaborar un plano de distribución de la planta.
- ❖ Diseño de estanterías.
- ❖ Definir método de abastecimiento *Kanban*
- ❖ Ejecutar un Plan piloto.
- ❖ Fabricación de estanterías.
- ❖ Establecer los sitios para la instalación de las estanterías del sistema *Kanban* considerando el layout de la planta y reduciendo movimientos.
- ❖ Implementación en planta.
- ❖ Ajustes del sistema.
- ❖ Elaboración de Instrucciones de procedimientos y registros.
- ❖ Capacitación al personal de planta.
- ❖ Capacitación a responsables de procesos y entrega del proyecto.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Tema

“SISTEMA KANBAN EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A.”

4.2 Datos Informativos

Institución Ejecutora: Universidad Técnica de Ambato

Beneficiarios: Trabajadores de la empresa Ecuatran S.A.

Ubicación: Tungurahua

Responsable: FISEI, UTA

Equipo técnico responsable: Tannia Ortiz, Ing. Jose Morales, Ing. Christian Mariño

Financiamiento: Recursos de infraestructura y equipos físicos, Ecuatran S.A, el resto de los recursos son propios del investigador.

4.3 Sitio de estudio

Empresa: Ecuatran S.A.

Ubicación: Parroquia Santa Rosa Km 7-1/2, calle Venezuela. La ubicación de la empresa se muestra en la Fig.18.

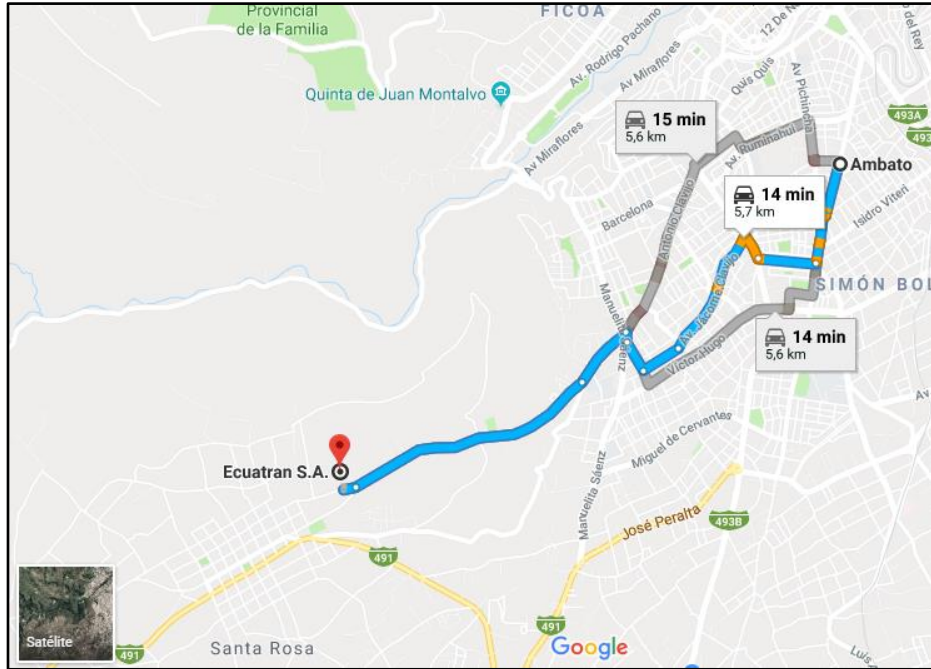


Fig. 18 Mapa físico Ecuatran S.A.

4.4 Organigrama Estructural Nivel gerencial.

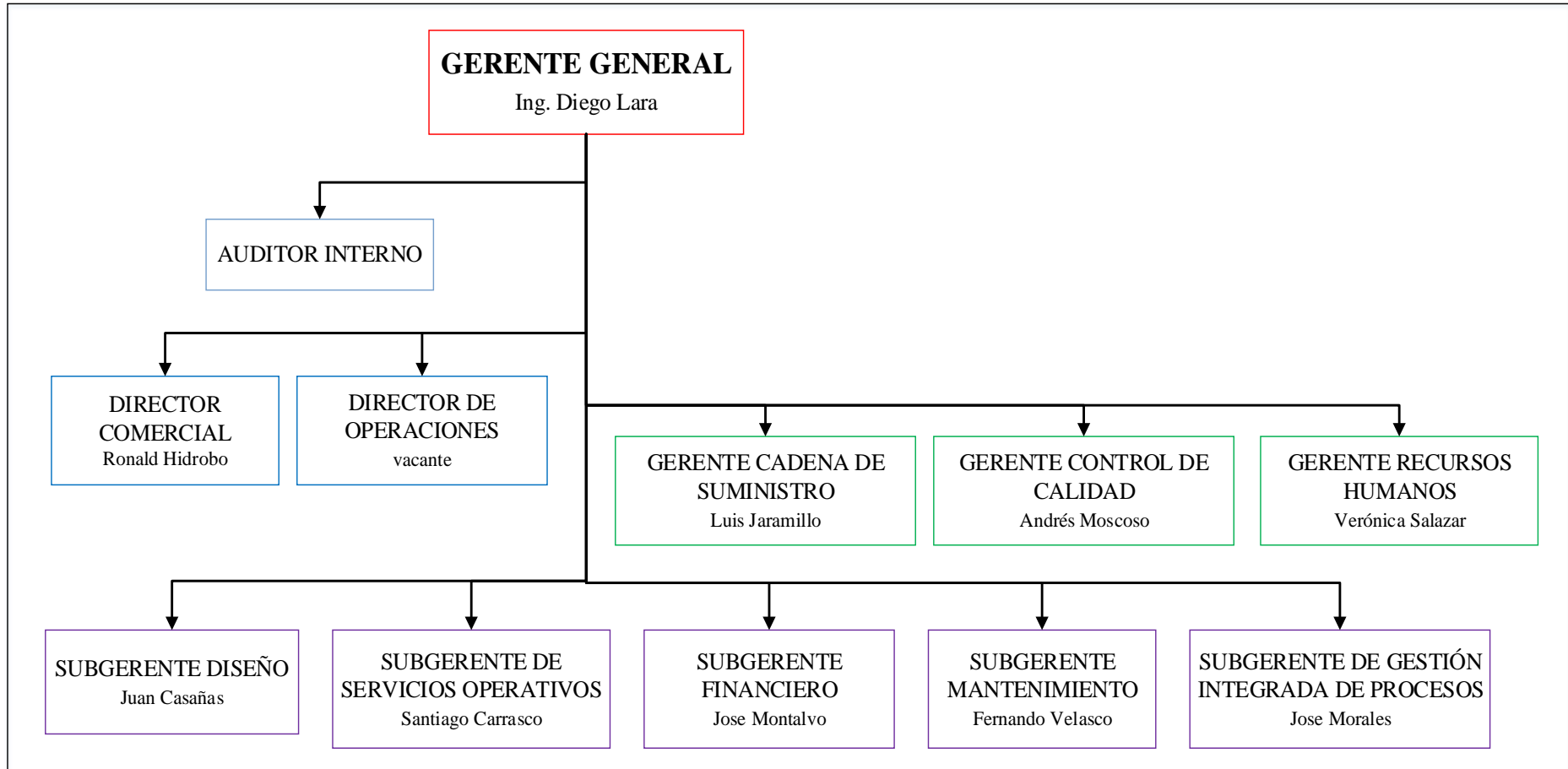


Fig. 19 Organigrama estructural Nivel Gerencial Ecuatran S.A. [18]

4.5 Cadena de valor Ecuatran.

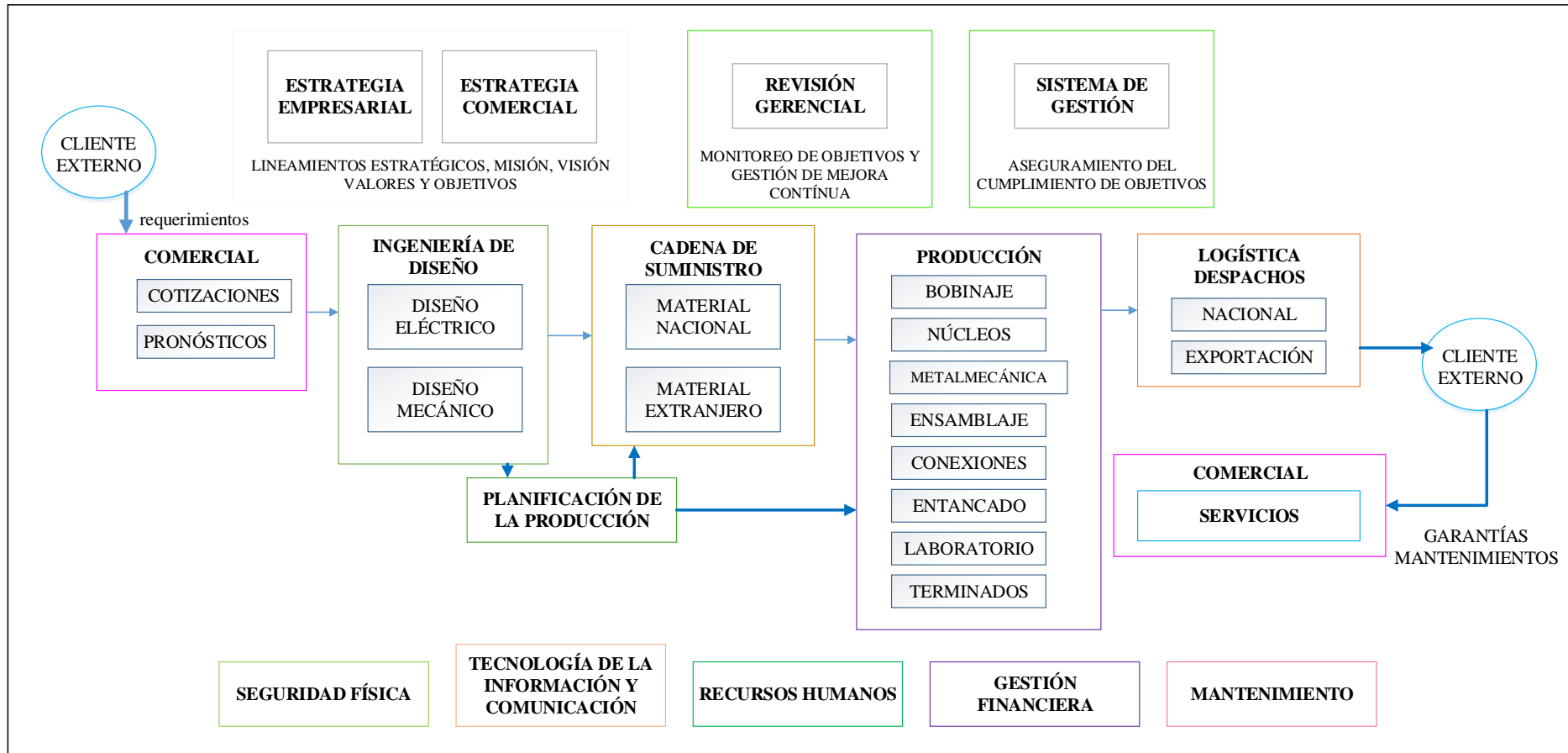


Fig. 20 Cadena de valor Ecuatran S.A.

4.6 Identificación del problema.

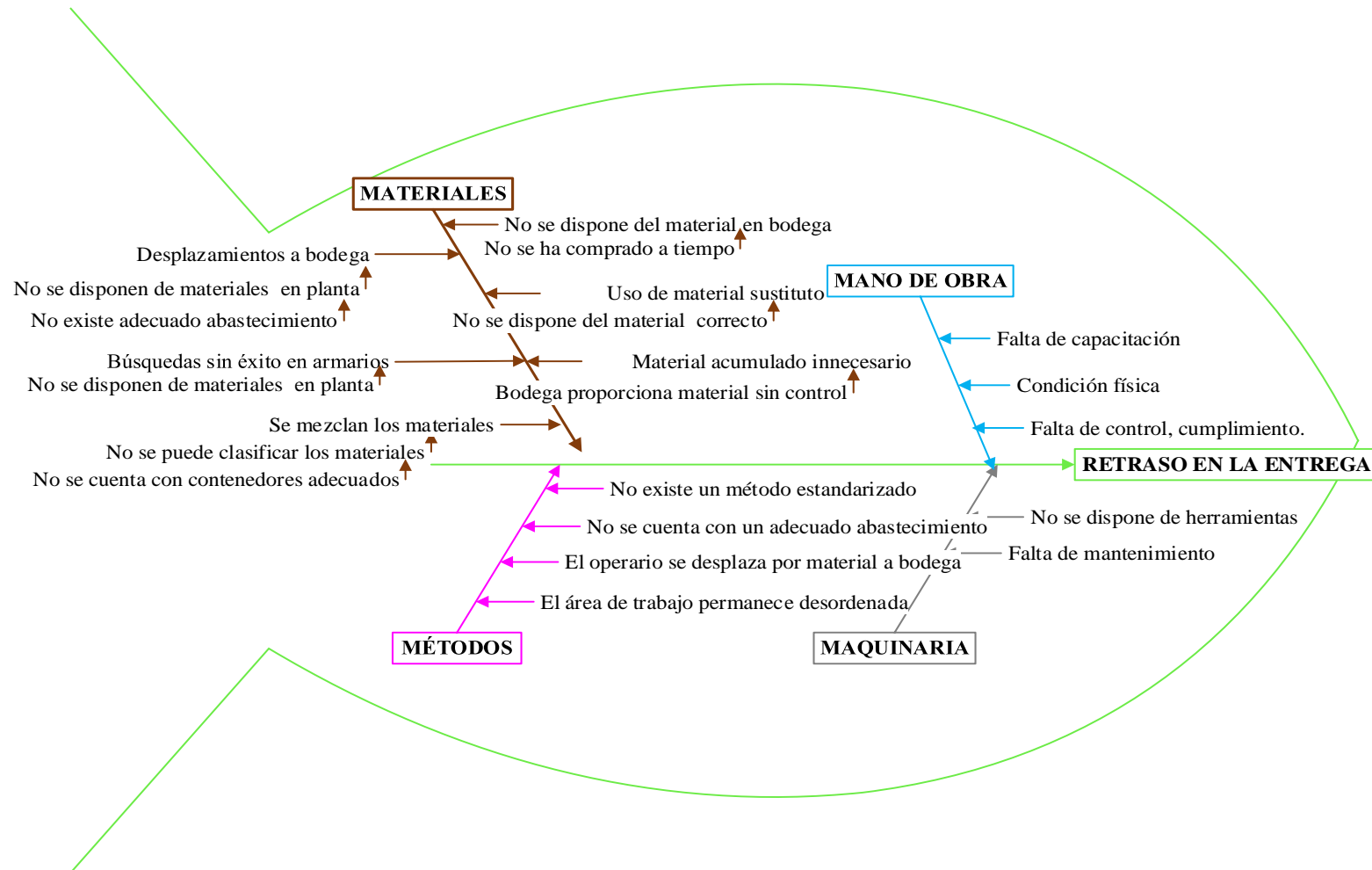


Fig. 21 Diagrama Ishikawa.

La información fue proporcionada por el personal operativo y se han logrado identificar las diferentes causas que ocasionan del problema, como se puede observar en la fig. 21 los problemas se acentúan en la sección de materiales.

El argumento fue el siguiente, cuando se termina algún determinado material, es deber del operario acercarse a bodega a solicitar lo necesario, muchas veces la persona responsable de bodega se encuentra ocupada y es menester una espera, mientras tanto la línea de producción para.

La demora también se da cuando buscan lo disponible en sus armarios, el material se encuentra mezclado, no es posible una adecuada clasificación y varias veces después de la búsqueda sin éxito se dirigen a bodega.

La bodega entrega paquetes de lo que solicitan sin control, esto es motivo de exceso de cierta cantidad de materiales en los armarios.

No se compra el material a tiempo, después de la búsqueda del material en planta solicitan a bodega y se encuentran con el inconveniente de que no se ha comprado a tiempo y no se dispone del material, la línea de producción para.

Uso de material sustituto, existieron casos de materiales de la misma medida que no debieron utilizarse por temas de deterioro por condiciones ambientales que se tuvieron que colocar en el transformador, esto podría causar reclamos por parte de clientes por deterioro de sujeción.

4.7 Análisis e interpretación de la encuesta

Encuesta dirigida a las personas operativas y a los administradores, supervisores y jefe de planta de la planta de fabricación de transformadores Ecuatran S.A. con el propósito de obtener información para implementar el sistema de abastecimiento visual Kanban.

Pregunta 1

- ¿Cuántas veces tiene que dirigirse una persona de su equipo de trabajo hacia la bodega para solicitar material durante la jornada de trabajo?

Tabla 2 Cantidad de veces que se traslada hacia bodega.

Respuesta	Cantidad	%
1 vez	21	27
2 veces	15	19
más de 2 veces	43	54

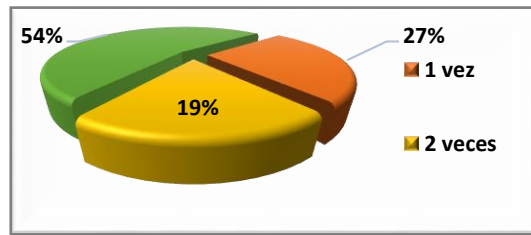


Fig. 22 Cantidad de veces que se traslada hacia bodega.

Análisis

El 54% del personal en estudio ha observado traslados innecesarios a bodega por parte de operarios a transportar a su sitio de trabajo material de alta rotación para continuar sus labores, mientras que el 27% opina que esto ocurre hasta unas dos veces y el 19% piensa que esto sucede por lo menos una vez dentro de la jornada de trabajo.

Interpretación

Claramente se visualiza la percepción del personal, existe una gran mayoría que ha observado desperdicios por desplazamiento por materiales de alta rotación.

Pregunta 2

- ¿Qué tan adecuado considera el almacenamiento dentro de la planta para cada material de uso frecuente?

Tabla 3 Percepción almacenamiento en planta

Respuesta	Cantidad	%
Bueno	24	30.38
Malo	20	25.32
Regular	35	44.30

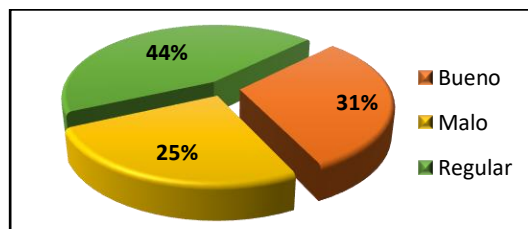


Fig. 23 Percepción almacenamiento en planta

Análisis

El 31% de la población considera que el almacenamiento en planta está muy bien actualmente, sin embargo, las otras dos opciones suman el 56% que representa a la mayoría y se deduce que no están conformes con los stocks en planta.

Interpretación

Del resultado podemos interpretar que el almacenamiento no es adecuado, pues no hay conformidad con los usuarios.

Pregunta 3

- ¿Qué tanto mejoraría su productividad si tuviera los materiales necesarios más cerca?

Tabla 4 Mejoraría la productividad con materiales más cercanos

Respuesta	Cantidad	%
Nada	4	5
Muy poco	10	13
Mucho	65	82

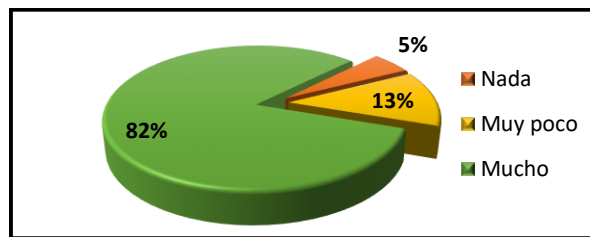


Fig. 24 Percepción almacenamiento en planta

Análisis

El 82% considera que el almacenamiento de materiales en planta les ayudaría a mejorar su productividad, mientras que el 13% piensa que el almacenamiento en planta les ayudaría muy poco y el 5% opina que el almacenamiento en planta no les ayudaría nada.

Interpretación

De los resultados podemos deducir que el trabajo de mano de obra directa se ve afectado por la no disponibilidad de materiales cercanos, y si existieran puntos de abastecimientos más próximos, mejorarían su productividad.

Pregunta 4

- ¿Ha sucedido que no existe material necesario y por ello ha tenido que suspender su trabajo?

Tabla 5 Suspende su trabajo por falta de material

Respuesta	Cantidad	%
Si	71	90
No	8	10

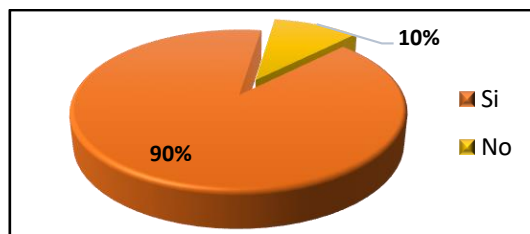


Fig. 25 Suspende su trabajo por falta de material.

Análisis

El 90% de las opiniones afirman haber suspendido alguna vez su trabajo por la falta de materiales, mientras que únicamente el 10% comunica que este inconveniente no se le ha presentado.

Interpretación

Debido a los resultados, es evidente que existe suspensión de actividades por desabastecimientos imprevistos, lo que genera desperdicios de recursos, mano de obra y retrasos de entregas de producto.

Pregunta 5

- ¿Ha tenido que ubicar algún material sustituto a causa de faltantes para cumplir su trabajo?

Tabla 6 Uso de materiales sustitutos por falta del material adecuado

Respuesta	Cantidad	%
Si	70	89
No	9	11

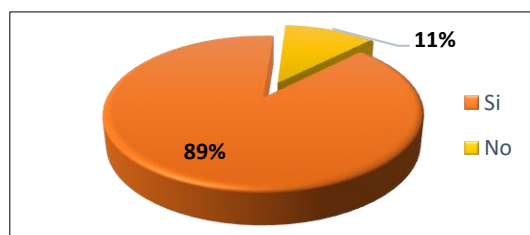


Fig. 26 Uso de materiales sustitutos por falta del material adecuado.

Análisis

El 89% de la población recuerda haber usado un elemento sustituto que cumpla la misma función que el original, mientras que el 11% no recuerda que esto le haya sucedido.

Interpretación

Un gran porcentaje de operarios percibe que, si ha tenido que utilizar material sustituto, pero al no cumplir con una especificación de materiales puede afectar la calidad o funcionamiento del producto, este problema es de alto impacto ya que existe la probabilidad de que será detectado

directamente por el cliente cuando se presente alguna falla en el funcionamiento del transformador.

Pregunta 6

- ¿Es posible organizar los materiales en su puesto de trabajo?

Tabla 7. Es posible organizar los materiales en su puesto de trabajo

Respuesta	Cantidad	%
Si	63	80
No	16	20

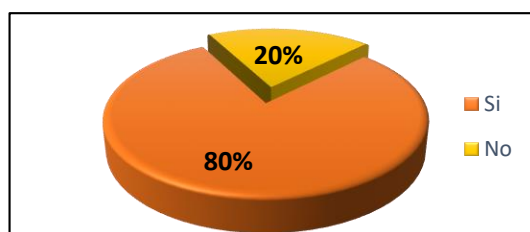


Fig. 27 ¿Es posible organizar los materiales en su puesto de trabajo?

Análisis

El 80% opina que actualmente es viable organizar los materiales dentro de la planta, mientras que el 20% opina que no es posible.

Interpretación

Evidentemente el personal está de acuerdo con la forma de organizar sus materiales dentro de la planta, era una costumbre dirigirse hacia bodega a solicitar materiales constantemente y junto a sus puestos de trabajo se tenían unos armarios con puertas en donde almacenaban grandes cantidades de materiales.

Pregunta 7

- ¿Conoce su meta diaria de producción? ¿Cumple con esta meta?

Tabla 8. ¿Conoce su meta diaria de producción? ¿Cumple con esta meta?

Respuesta	Cantidad	%
Sí, siempre	35	44
A veces	43	54
No	1	1

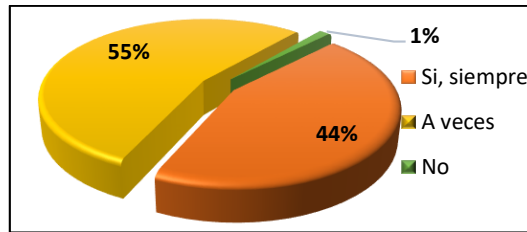


Fig.28 ¿Conoce su meta diaria de producción? ¿Cumple con esta meta?

Análisis

El 55% de la población asume que desconocen la meta de cumplimiento, mientras que el 44% piensa que conoce estándares de producción y cumple esporádicamente y apenas el 1% dice que no conoce.

Interpretación

Del análisis se puede deducir que no existe una difusión de estándares diarios de producción, se realiza actividades por tarea más no por cumplimiento, es necesario el establecimiento de metas.

4.8 Conocer el sistema de Abastecimiento de la empresa Ecuatran S.A.

4.8.1 Área de abastecimiento.

Equipo de trabajo que es responsable del aprovisionamiento de materiales, considerando las fechas de entrega de proveedores, fechas de plazo para entrega a clientes, con el objetivo de la fabricación de transformadores eléctricos obteniendo un resultado global a satisfacción del cliente. La gestión de la cadena de abastecimiento consiste en planificar, organizar y controlar los recursos, con el fin de asegurar la fluctuación efectiva de procesos en la que intervienen; planificación, compras, bodega.

Cadena De Abastecimiento

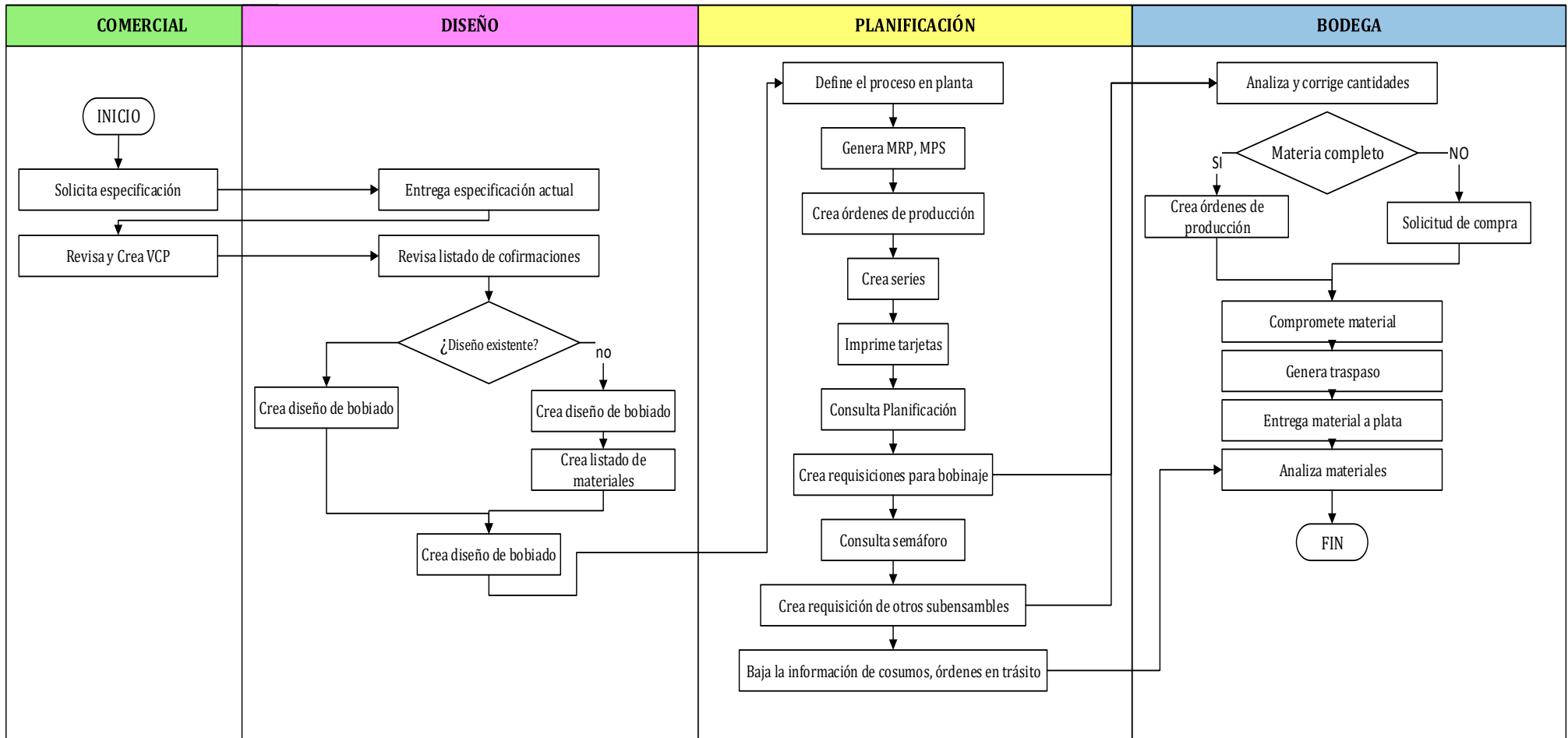


Fig.29 Proceso de abastecimiento Ecuatran S.A. [18].

Compra de materiales, la compra se realiza previo a la obtención de información y aprobaciones de sub gerencia financiera.

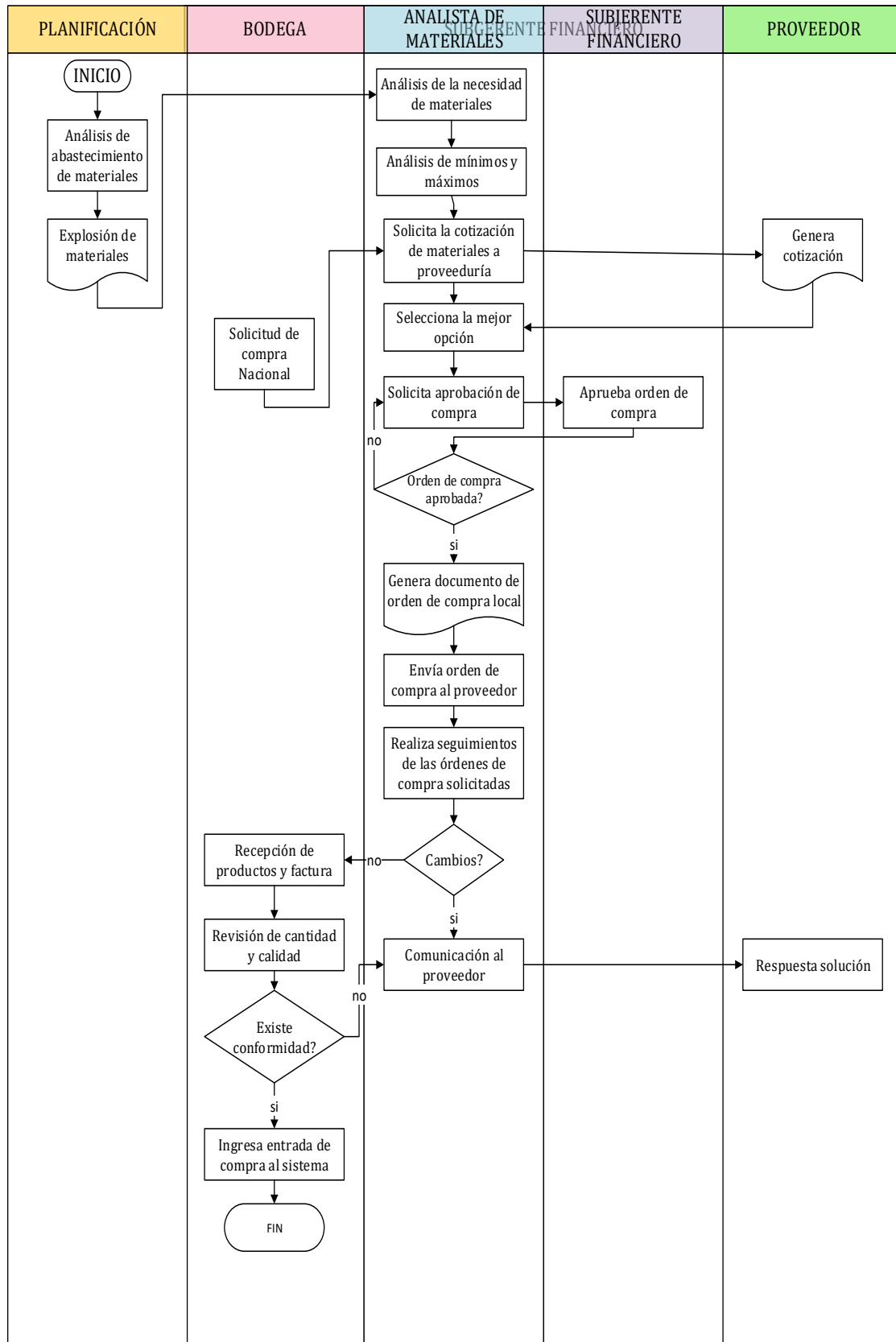


Fig. 30 Compra de materiales Ecuatran S.A. [18].

En una empresa de fabricación de cualquier índole la gestión de la cadena de suministro es de vital importancia, debido a que el tiempo que se tarda en la transformación de sus productos depende gran parte del suministro oportuno de materias primas, elementos de sujeción, ensambles, por lo tanto, todos los departamentos que integran esta cadena son eslabones importantes.

4.9 Análisis de Información de ventas

Para la realización del proyecto se tomó en cuenta la información que se registra en el sistema MRP Siesa de la compañía.

Tabla 9. Referente a ventas de transformadores monofásicos año 2016 [18].

Desc. ítem	Meses (2016)												Total general
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	
TRANSFORMADOR MONOFASICO FM 10 KVA											1		1
TRANSFORMADOR MONOFASICO FM 37.5 KVA					1								1
TRANSFORMADOR MONOFASICO FM 75 KVA									1				1
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 10 KVA					2		1	1					4
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 100 KVA	1	5	4	1	6	2		1		10	2	10	42
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 15 KVA		3	5	2	1	2	5	1	3	3	6	2	33
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 167 KVA	1						1			2			4
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 25 KVA	2	5	9	9	6	8	1	4		13	13	3	73
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 37.5 KVA	2	1	19	4	8	11		4	5	5	4	4	67
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 50 KVA	8	3	10	3	6	10	1	2	15	5	14	9	86
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 75 KVA	9	5	7	4	8	1	9	1	3	8	6	2	63
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 0.5 KVA						13							13
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 10 KVA	22	130	34	39	71	90	220	424	567	44	20	168	1829
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 100 KVA	2						1			1			4
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 15 KVA	57	41	148	87	86	133	37	45	207	61	29	40	971
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 167 KVA				1		1		1					3
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 25 KVA	172	253	71	131	122	335	234	420	280	254	70	200	2542
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 250 KVA										1			1
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 3 KVA										11	1		12
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 333 KVA			1										1

TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 37 KVA						19	5	14		38			76
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 37.5 KVA	85	77	191	133	153	203	55	79	28	127	69	73	1273
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 5 KVA	19	20	16	64	125	37	45	150	28	10	2		516
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 50 KVA	162	302	167	202	278	251	191	277	258	159	66	50	2363
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 500 KVA	1												1
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 75 KVA	15	1	9	3	8	29	90	70	15	14	12	6	272
Total general	558	846	691	683	881	1145	896	1494	1410	766	315	567	10252

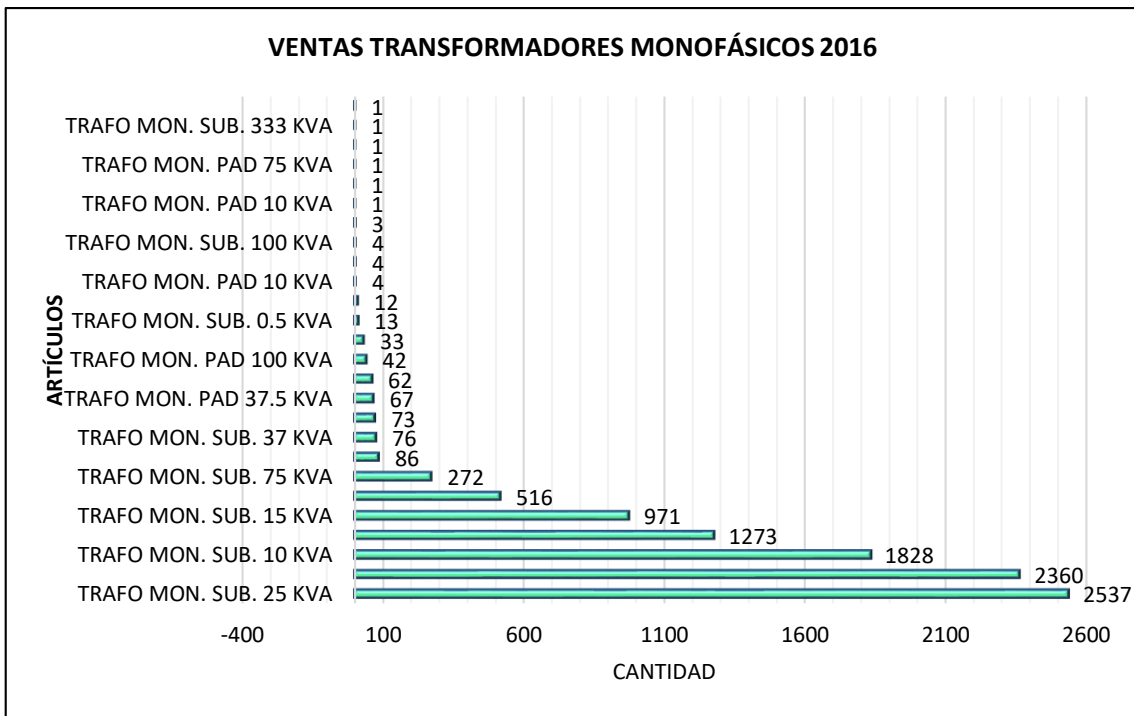


Fig. 31 Ventas transformadores monofásicos 2016 [18]

Tabla 10. Referente a ventas de transformadores trifásicos año 2016 [18].

Suma de Cantidad	Mes1													Total general
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ago	Oct	Nov	Dic	Jun	Jul	Sept		
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 75 KVA	7	11	18	18	14	8	45	7	1	5	8	22	164	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 50 KVA	9	24	26	11	15	8	30	4	6	7	15	3	158	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 100 KVA	8	27	17	5	13	7	25	6	7	2	2	6	125	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 30 KVA	5	6	19	7	7	1	2	4	3	2	4		60	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 150 KVA		2		1	2	2	2	5	2	1	31	8	56	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 150 KVA	2	3	5	1	1	2	2	3	11	2	1	5	38	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 50 KVA	1	2	6		4	2	3	4	4	4	2	3	35	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 125 KVA	4	2		1	1	3	11	1	7		4	1	35	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 75 KVA	3	2	1	3	2	5	3	4	5	4	3		35	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 100 KVA	2		2	1	3	2	1	6	6	3	1	7	34	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 45 KVA	1	1	4	2	2	3	10		2	1	1		27	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 300 KVA	2	1		1	3	1		2	1	2	6	4	23	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 200 KVA	3	3	4		2	3		1	2	1		2	21	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 500 KVA	3		1	3		1	1	4	3		3	1	20	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 1000 KVA	4				3		2	4	1	1	3	1	19	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 1000 KVA		1	1			3	1	4	1		4	2	17	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 300 KVA	1	2	1		2	1			2	3	2	2	16	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 125 KVA	1	1	1		1	1	1	1		2	3	4	16	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 750 KVA	2	2						1			3	8	16	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 200 KVA			3	2		2	1	1	3		2	1	15	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 30 KVA	1		3		1	1	3	1		3	1	1	15	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 500 KVA	3	1	4		1	1				2		1	13	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 250 KVA	1		3	1		1	1		1	2		2	12	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 250 KVA	1	2						2	2	1	1	2	11	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 400 KVA						2	1	1		2	4	1	11	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 400 KVA				1	1			2	2		3	1	10	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 112.5 KVA	1			3	1	3					1		9	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 600 KVA						2		2	1	1		2	8	
TRANSFORMADOR TRIFASICO SUB 1500 KVA	1	1	1	1	2	1			1				8	
TRANSFORMADOR TRIFASICO PAD 2000 KVA						1					5	2	8	

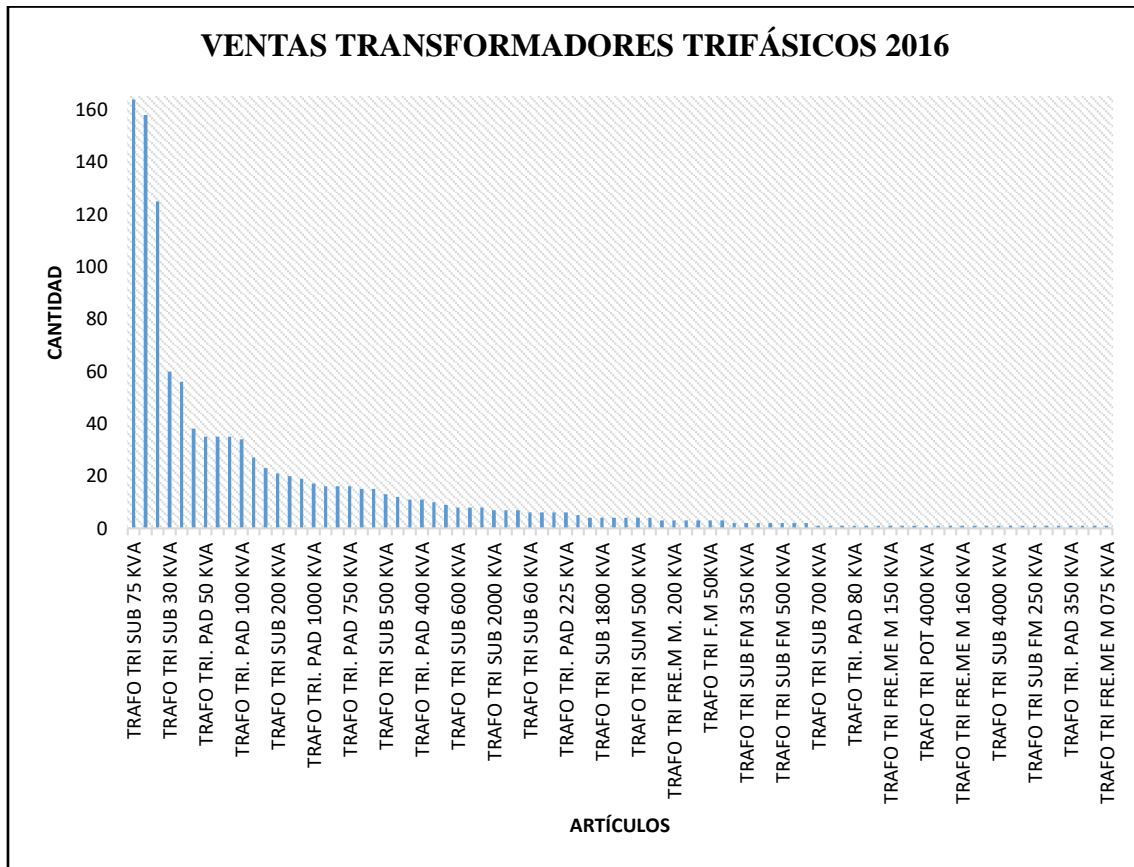


Fig. 32 Ventas transformadores trifásicos 2016 [18].

Información relevante para la fabricación de transformadores

La información proporcionada por el departamento de ventas como; proyecciones de ventas, ventas confirmadas, histórico de ventas y cotizaciones, son importantes para ampliar el enfoque de la necesidad de materia prima, este tipo de análisis Ecuatran S.A. lo maneja en hojas de cálculo en Excel con filtros de información, tomando en cuenta tiempos de entrega proveedores y tipo de material. Esta información se la gestiona con la mayor delicadeza posible con criterio absolutamente estricto y verídico ya que si existen errores es posible que se adquiriera materiales que no son demandados y es factible que existan faltantes de materiales que si son necesarios, pudiendo ocasionar atrasos o estrés en el personal operativo quienes se ingenian por cubrir problemas en planta con el afán de cumplir órdenes de producción, para estos análisis es necesario la siguiente información proporcionado por el departamento de ventas.

- Proyecciones de ventas
- Histórico de ventas
- Cotizaciones

- Ventas confirmadas

a) Proyección de ventas

Este proceso se analiza a partir de la información recopilada de lo que se pretende vender, y con ello el listado de materiales consumidos además del comportamiento del mercado, con toda esta información se toma la decisión de compra de materiales, elaboración de presupuestos, requerimiento de insumos y administración de recurso humano.

Del acierto en esta información depende el flujo del efectivo, la ejecución de la proyección de ventas permite conocer cuánto material o insumos adquirir, cuantas personas contratar, es decir, permite administrar todos los recursos de manera efectiva.

La ejecución de este proceso consiste en dar seguimiento al análisis de la tendencia de las ventas históricas.

b) Históricos de ventas

La información de ventas de un periodo se toma como referencia trazando una tendencia con las ventas potenciales del mercado y con estas pronosticar las posibles ventas, se analiza el índice del sector y se examinan las directrices para proyectar las ventas en base a estas, además se comparan las ventas de la competencia y se toman para predecir las propias ventas.

El análisis de probabilidad de venta es responsabilidad del departamento de ventas, quienes tienen la labor de identificar las fases de venta y de cuantificar la cantidad de clientes dentro de cada fase, con datos históricos preverán cuantos potenciales compradores pasaron de ser oportunidades a convertirse en ventas, una vez realizado este proceso la información es proporcionada a planificación para el análisis de requerimiento de materiales.

c) Cotizaciones

Al igual que los procesos anteriores, se analizan las cotizaciones de los productos solicitados que serán destinados a la venta, se revisan los materiales requeridos para cumplir con estos pedidos en base a un análisis de probabilidad de venta se decide comprar o no los materiales faltantes. Una vez obtenido este análisis se examinan los listados de materiales proporcionados por el área de ingeniería para determinar la posible compra de materia prima.

Para el establecimiento de precios se considera todas las características técnicas solicitadas por el cliente: peso, forma de embalaje, dimensiones, toda esta información es

proporcionadas por el departamento de Diseño paralelamente con el departamento de logística quienes proporcionan los costos de transporte y montaje del transformador.

d) Ventas confirmadas

Es la negociación cliente – vendedor, el pago lo realiza según lo acordado, de acuerdo a las especificaciones requeridas por el cliente, que el departamento de ingeniería entrega junto a la cotización enviada.

e) Proyección de Ventas

- materiales de compra **importados**.
- materiales de compra **nacionales**.

Materiales Importados, Materiales con lead time alto por el lugar de procedencia.

Materiales que por trámites legales de envío y recepción tienen mayor tiempo de llegada, es por este motivo que la empresa tiene que aprovisionarse a tiempo, para que continúe la producción con un flujo normal sin correr el riesgo de interrupciones a causa de desabastecimientos. Además de tener un período de llegada tardío muchos de estos materiales son de volúmenes grandes, por lo que requieren de un espacio físico adecuado para su almacenamiento.

Ejemplos: acero al silicio, láminas de cobre y aluminio accesorios específicos.

Lead time es el tiempo que transcurre desde que se extiende un pedido a proveeduría hasta el instante en el que llega el material a su destino, lead time alto para Ecuatran S.A. tiene una duración de tres semanas, mientras que un ciclo de producción de un producto es de 1 hora, lead time influye directamente con el tiempo de fabricación de un artículo, y por lo tanto está relacionado estrechamente con los indicadores de entrega del producto y stock de materiales, por lo que la reducción de estos tiempos es un objetivo importante para disminuir costos.



Fig. 33 Materiales de compra importados. [18]

a) Materiales nacionales

Una vez determinada la capacidad de producción se realiza un estimado de cantidades de materiales necesarias para la fabricación y la compra según el análisis previo.

El departamento de ventas mediante sus estrategias realiza un estudio sobre los posibles productos que podrían vender, además de revisar históricos de consumo para proyectar sus ventas, obtienen información importante revisando proyectos de empresas eléctricas de todo el país o de grandes empresas extranjeras. Se analiza el movimiento dentro de un periodo determinado, para asegurar un stock de seguridad y de esta manera garantizar el flujo normal de producción.

Ejemplos; pernos, rodela, tubos de papel, elementos de amarre, masking, e infinidad de elementos de menor tamaño que ocupan espacios más reducidos comparados con los materiales importados. Como ejemplo en la figura 34 observamos rodela de presión galvanizadas, pernos tropicalizados de cabeza redonda, empaques pequeños para sujeción de tapas y pernos de acero inoxidable de 1/2" x 3/4"



Fig. 34 Materiales de compra nacionales.

4.10 Ingeniería

El departamento de Ingeniería y desarrollo es responsable de toda la información técnica del transformador como; diseño físico, diseño eléctrico, especificaciones, listado de materiales, además de implementar proyectos de mejora por optimización de materiales. Para el abastecimiento de materiales es importante contar con listas de materiales completas y actualizadas, pues si no se cuenta con la información completa hay inconsistencias en el momento de la fabricación, generando discordias internas por el desperdicio de tiempos y movimientos, es un filtro muy importante porque un error en el

diseño podría causar grandes pérdidas económicas, por desperdicio de materiales y tiempo empleado en la fabricación.

Listados de materiales.

Los listados de materiales los genera el área de diseño, después de la revisión de especificaciones y diseño eléctrico, la lista se la genera en el programa ERP Siesa Enterprise - Consulta indentado, de esta manera podemos encontrar la lista completa de materiales que se están utilizando en la fabricación de un transformador. Como se indica en la figura 35.

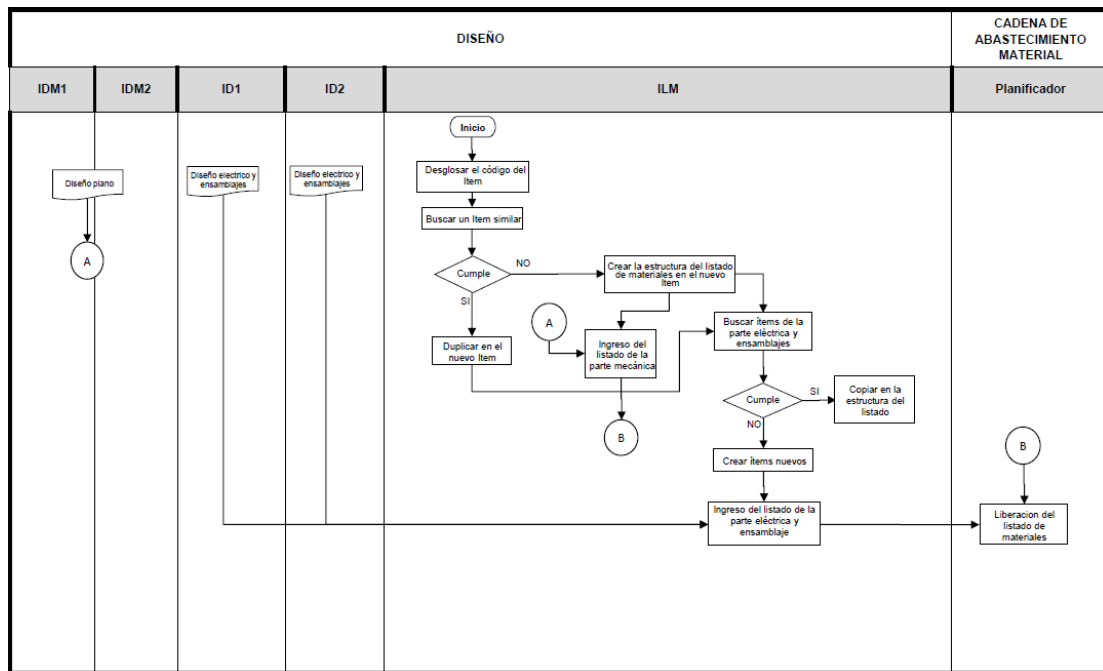


Fig. 35 Creación de la lista de materiales de un transformador [18].

Ingeniero de Diseño (IDM1) (IDM2). - Diseña el plano para la utilización del área de metalmecánica. IDM1, realiza el plano de tanques monofásicos, IDM2, realiza el diseño de tanques trifásicos.

Ingeniero de diseño (ID1) (ID2). - Realiza las especificaciones, dimensiones y materiales para la parte activa del transformador, para utilización y guía del área de Bobinado, núcleos, conexiones eléctricas, llenado y entancado. ID1, realiza el diseño eléctrico de transformadores monofásicos y ID2 realiza el diseño eléctrico de transformadores trifásicos.

Ingeniero listas de materiales (ILM). - realiza los listados de materiales, crea códigos de nuevos artículos, ingresa listados de materiales en el sistema ERP para el abastecimiento en planta.

Planificador. - Revisa especificaciones, planos y listados y libera para la producción en planta.

Una vez revisadas las listas de materiales en el sistema, en planta de producción se levantan los procesos conjuntamente con los materiales utilizados y se realiza una comparación de materiales más utilizados.

Una vez entregados los planos, especificaciones y listados a planificación para la fabricación de un transformador, estos son entregados a la cadena de suministro quienes son responsables del abastecimiento de insumos.

4.11 Bodega

4.11.1 Gestión de stock por mínimos y máximos

Se basa en una estrategia empresarial que permite controlar de manera efectiva el volumen de inventario, permitiendo de esta manera evitar escases en planta y sobre stocks, sin embargo, no es efectivo si se entrega a los operarios sin ningún control.

Inicialmente se calcula el nivel máximo de inventario al que puede alcanzar cada material, de igual forma también se calcula el nivel mínimo de inventario, estas cantidades son deducidas en base al tiempo de entrega de proveedores y al consumo promedio en planta, se abastece de material necesario hasta alcanzar al máximo cada vez que el material se agota al mínimo [18].

- a) **Análisis de máximos.** - La acumulación de materia prima sirve para proteger a la empresa ante la probabilidad de que los materiales lleguen tarde o a su vez de que la demanda suba y sea mayor a lo planificado, el almacenamiento alto de stocks sería una garantía para cubrir las demandas sin embargo se debe considerar los costos que pueden darse por mantener al inventario, se calcula como indica la ecuación (4) [18].
- **Costos Por Almacenamiento.** - Cuando se reciben artículos es necesario preparar el sitio adecuado, si se trata de objetos grandes se necesita de un montacargas para ubicar los materiales, así como del personal capacitado que opere dicha máquina. Todo material almacenado genera un costo para la empresa, lo que depende de dos variables; el tiempo que el material va a permanecer en el lugar y la cantidad de material almacenado [18].

Ps: Periodo de seguridad, tiempo que se estima

Nivel de abastecimiento: *Imin*

b. Cálculo del nivel máximo de inventarios

$$I_{max} = (I_{mín} + (Cpd * T)) \quad (3) [18]$$

Donde:

I_{max}: Inventario máximo establecido para la realización de un pedido.

I_{min}: Inventario mínimo.

Cpd: Consumo promedio diario.

T: tiempo que se estima dure el producto en stock antes de ser consumido en su totalidad, lead time proveedor.

El abastecimiento de materiales se realiza previo un análisis de:

- ❖ Tipo de producto; nacional o importado.
- ❖ Análisis de movimientos de inventario.
- ❖ Consumo promedio de un periodo o ejercicio económico.
- ❖ Consumo promedio de los últimos 3 meses. Cantidad máxima consumida.
- ❖ Lead time proveeduría.
- ❖ Proyección de ventas mensual y trimestral
- ❖ Cantidad de materiales existentes: MP disponible, MP comprometida y MP en tránsito.
- ❖ Cotizaciones

Se analiza si el límite de inventario para producir está dentro de lo permitido, no puede dejar que llegue a cero pues es un riesgo para el flujo estándar de la producción, la persona encargada del soporte de materiales debe revisar el stock mínimo, previo el análisis de; pedidos pendientes de proveedores (ventas confirmado), proyecciones entregadas por el departamento de ventas, cotizaciones pendientes, históricos de hace 3 años atrás y la cantidad de productos en tránsito, para finalmente tomar la decisión de compra de materiales.

4.12 Consideraciones para la elección de los materiales

Los materiales que se pueden abastecer por Kanban son los que cumplan las siguientes características.

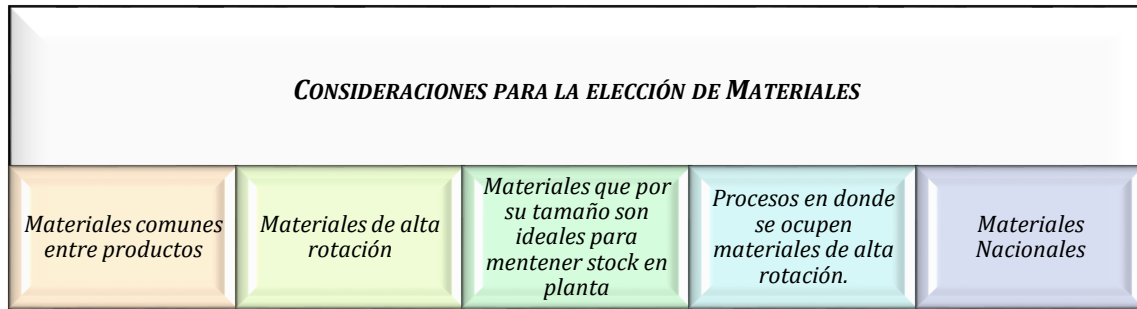


Fig. 37. Consideraciones para la elección de Materiales.

4.12.1 Materiales comunes entre productos.

Materias primas que se repiten o tienen cualidades o funciones semejantes entre varios productos de la empresa. Por ejemplo; pernos, rodela, empaques, tuercas., se ubican en las conexiones.

Tabla 11. Materiales comunes entre transformadores [18].

Descripción	Cantidad unitaria	Juegos por transformador	Lugar utilización
perno galvanizado 3/8 x1"	1	6	conexiones load breacker y alargues
rodela plana tropicalizada 3/8"	2		
rodela presión tropicalizada 3/8"	1		
tuerca galvanizada 3/8 inserto de nylon	1		
perno galvanizado 3/8 x1"	1	4	conexiones bushings de baja
rodela plana tropicalizada 3/8"	2		
rodela presión tropicalizada 3/8"	1		
tuerca galvanizada 3/8 inserto de nylon	1		



Fig.38 Juego de perno, rodela plana, rodela de presión Galvanizado 3/8 x1" [18].

4.12.2 Materiales de alta rotación.

Son materiales que se consumen diariamente en grandes cantidades y que obligan a tener altos inventarios o a su vez elevadas rotaciones de inventario.



Fig. 39 Juego de sujeción bushing de alta, transformador trifásica subestación 2000kva; tuerca y rodela de presión galvanizadas de 3/8" [18].

4.12.3 Materiales que permiten un stock en planta.

- ❖ Materiales que por su tamaño son de fácil almacenamiento y transporte y pueden estar disponibles en los sitios de trabajo sin interferir en las operaciones de la planta.
- ❖ Se descartan los materiales importados debido a su lead time alto y su gran volumen.
- ❖ Para el Kanban se consideran los materiales de compra nacional debido a que puede ser adquirido en el menor tiempo posible.
- ❖ Se eligen materiales que son de tamaño considerable, es decir, es posible almacenarlos cerca al lugar de trabajo de los operarios.
- ❖ La cantidad de elementos requerida es alta, para la fabricación de estos transformadores es necesario altas cantidades, ejemplo; rodela plana.
- ❖ Y se realizará en los procesos donde se demandan estos materiales.



Fig. 40 Materiales de alta rotación [18].

Tabla 12. Materiales de alta rotación [18].

descripción	cantidad	lugar utilización
perno de bronce silicón 1/4" *3/4"	1	conexión bushing de alta
rodela plana bronce silicón 1/4"	2	conexión bushing de alta
tuerca bronce silicón 1/4"	1	conexión bushing de alta

4.13 Capacidad de la planta

Es de gran importancia conocer la situación de la planta en términos de capacidad debido a que esto define sus límites competitivos, actualmente la empresa ya ha realizado algunas mejoras como el presente proyecto que ha desalojado una problemática muy significativa, la empresa ha trabajado con la siguiente capacidad instalada establecida con la anterior administración de gerencia de operaciones; el cumplimiento de las órdenes de trabajo y el control de los indicadores establecen que se debe fabricar **70** transformadores monofásicos conocidos también como transformadores de una fase y **10** transformadores Trifásicos o tres fases diarias, de acuerdo con la cantidad de maquinaria, operarios y distribución de planta. Esta capacidad está estrechamente ligada con Bobinado, pues se cuenta con el tiempo estimado de operaciones para esta área que marca el ritmo de producción y exige al resto de áreas fluir de acuerdo a su producción con una jornada de 8 horas diarias y 165 personas operativas.

Se Planifica a producción de esa manera, pero gracias a la mejora en varios aspectos como; la instalación del sistema *Kanban* para elementos de alta rotación, el establecimiento de nuevas metas, la medición, control y mejora de indicadores, la realización de auditorías de proceso y diseño, la nueva administración de proyectos de mejora, los nuevos procesos de levantamiento de tiempos hacen que la empresa acelere su producción de manera que las metas sea más competitivas, ahora la capacidad de la planta ha subido su estándar.

4.14 Pasos para implementar el Sistema

4.14.1 Paso 1.- Levantamiento de la información

Para instalar el sistema de abastecimiento kanban el primer paso a seguir es conocer a detalle cada material y las cantidades que se instalan en cada transformador, de igual forma es necesario conocer la ejecución de las operaciones en la planta industrial.

a) Levantamiento de información materiales.

Se realizó la observación directa al proceso y se evidencia que durante el transcurso se utiliza material de sujeción en altas cantidades.

A continuación, se encontrarán tablas resumidas de los materiales, las cantidades que se utilizan, los juegos por transformador de elementos de sujeción, la cantidad de inventario

de cada elemento, a continuación, se detalla cada columna en el resumen de elementos de sujeción.

Tabla 13. Ejemplo de levantamiento de información [18].

Referencia (a)	Ítem (b)	Descripción (c)	Cantid ad (d)	Jueg os (d)	Ubicación física (e)	Inventario mp001 (f)	Unidad es (g)
R-12010156	00368	perno galvanizado de 1/4" x3/4"	1	3	conexión portabayonetas	5302	Un
R-12030277	00171 3	rodela plana galvanizada 1/4"	2			4516	Un
R-12030162	00165 4	rodela de presión bronce silicón 1/4"	1			9473	Un
R-12020221	13272	tuerca galvanizada de 1/4" inserto nylon	1			8412	Un

b) La Referencia. - Referencia única de un material

c) Ítem. - Es un número secuencial de identificación de materiales asignado dentro del sistema ERP.

d) Descripción. - Es una explicación breve del insumo, donde constan las dimensiones y el material del que está constituido.

e) Cantidad, Juegos. - Se refiere al número de elementos que se insertan en un transformador, por ejemplo, para sujetar una porta bayonetas van: 1 perno galvanizado de 1/4" x 3/4", 2 rodela de presión galvanizadas de 1/4", 1 rodela de presión de bronce silicón 1/4" y 1 tuerca galvanizada de 1/4" inserto nylon, pero en cada transformador son 3 porta bayonetas, entonces se requieren 3 juegos de estos elementos.



Fig. 41 Fotografía de una conexión protabayonetas [18].

- f) **Ubicación física.** - Es el lugar en donde van los elementos mencionados dentro de transformador.
- g) **Inventario.** - Es la cantidad de material que el sistema ERP indica que está disponible en la bodega MP001.
- h) **MP001.**- Es la denominación de la bodega central, quien administra la logística de materiales para la planta industrial.
- i) **Unidades.** – Unidad de medida del material.

Materiales de alta Rotación

Tabla 14. Conexiones Trifásicas (CT) [18].

Referencia	Ítem	Descripción	Cantidad	Juegos	Ubicación física	Inventario mp001	Unidades
R-12030277	01714	rodela plana galvanizada reforzada 3/8	2	8	sujeción del marco	512	un
R-12010157	06255	perno galvanizado 3/8 x1"	1			7137	un
R-12030152	01687	rodela de presión galvanizada 3/8"	1			2690	un
R-12020225	01747	tuerca galvanizada 3/8"	1			2855	un
R-12050107	01930	varilla roscada de 1/2" galvanizada	1	2	sujeción listones de madera 6cm	75	mts
R-12020235	01749	tuerca galvanizada m10	2			1044	un
R-07010163	010803	masking tape de 19 mm n°233 verde	1		aseguramiento de conexiones por seguridad	313	roll
R-21010119	01980	conector tubular 6AWG	24		extensiones para conexiones	0	un
R-21010123	01986	conector 12-10 AWG #34138	24			33746	un
R-21010125	01989	conector 16-14 AWG #52001	24			190	un
R-21010121	01984	conector tubular 8 AWG	24			4500	un
R-21010173	02030	terminal ojo 175 a sc35-10 (tyco 325203)	12		conexiones bushing	5922	un
R-21010151	02007	terminal ojo 1/0 - 3/8 sc50-10	12			177.94	un
R-21010171	02028	terminal ojo 150 a sc35-8 (tyco 325202)	12			3849	un

Tabla 15. Entancado trifásico (ET) [18].

Referencia	Ítem	Descripción	Cantidad	Juegos	Ubicación física	Inventario mp001	Unidades
R-12010128	00321	perno acero inox 1/2" x 3/4"	1	2	sujeción de la parte activa	925	un
R-12030142	01685	rodela de presión galvanizada 1/2"	1			3205	un
R-12030292	01712	rodela plana galvanizada 1/2"	5			1897	un
R-12010156	00368	perno galvanizado de 1/4 x3/4"	1	3	conexión protabayonetas	5302	un
R-12030277	001713	rodela plana galvanizada 1/4"	2			4516	un
R-12030162	001654	rodela de presión bronce silicón 1/4"	1			9473	un
R-12020221	13272	tuerca galvanizada de 1/4" inserto nylon	1			8412	un
R-12020221	13272	tuerca galvanizada de 1/4" inserto nylon	1	3	conexión protabayonetas al bushing tipo pozo	8412	un
R-12030277	01713	rodela plana galvanizada 1/4"	2			4516	un
R-12020221	13272	tuerca galvanizada de 1/4" inserto nylon	1			8412	un
R-12010157	06255	perno galvanizado 3/8 x1"	1	6	conexiones load breacker y alargues	7137	un
R-120030380	17632	rodela plana tropicalizada 3/8"	2			1346	un
R-120030450	17633	rodela presión tropicalizada 3/8"	1			3799	un
R-12020226	13269	tuerca galvanizada 3/8 inserto de nylon	1			0	un
R-21010173	02030	terminal ojo 175 sc35-10 (tyco 325203)	24	1	alargues para conexión load breacker	5932	un
R-12010157	06255	perno galvanizado 3/8 x1"	1	4	conexiones bushing de baja	7137	un
R-120030380	17632	rodela plana tropicalizada 3/8"	2			1346	un
R-120030450	17633	rodela presión tropicalizada 3/8"	1			3799	un
R-12020226	13269	tuerca galvanizada 3/8 inserto de nylon	1			0	un
R-120030380	17632	rodela plana tropicalizada 3/8"	2	6	conexión bushing tipo pozo	1346	un
R-120030450	17633	rodela presión tropicalizada 3/8"	1			3799	un
R-12020226	13269	tuerca galvanizada 3/8 inserto de nylon	1			0	un
R-12020225	01747	tuerca galvanizada 3/8"	1	2	sujeción load breacker	2655	un

R-12030152	01687	rodela de presión galvanizada 3/8"	1			2490	un
R-12030237	01704	rodela plana de acero inox 3/8 sencilla	1	12	sujeción bushing de baja 600a parte externa	3528	un
R-12030152	01687	rodela de presión galvanizada 3/8"	1			2490	un
R-12020225	01747	tuerca galvanizada 3/8"	1			2655	un
R-12030237	01704	rodela plana de acero inox 3/8 sencilla	1	2	sujeción visor de aceite parte externa	3528	un
R-12030152	01687	rodela de presión galvanizada 3/8"	1			2490	un
R-12020225	01747	tuerca galvanizada 3/8"	1			2655	un
R-12030237	01704	rodela plana de acero inox 3/8 sencilla	3	6	bushing de alta pozo	3528	un
R-12030152	01687	rodela de presión galvanizada 3/8"	3			2490	un
R-12020225	01747	tuerca galvanizada 3/8"	3			2655	Un

Tabla 16. Llenado Monofásico (LM1) [18].

Referencia	Item	Descripción	Cantidad	Notas	Inventario mp001	Unidades
R-04010107	0000259	cable aislado awg 14 tipo thhn o thwn c	1m	cable que envuelve bobina	8849.75	mts
R-12010140	0000339	perno de bronce silicón 1/4" *3/4"	1	conexión bushing de alta	7568	un
R-12030197	0001708	rodela plana bronce silicón 1/4"	2	conexión bushing de alta	9572	un
R-12020180	0000387	tuerca bronce silicón 1/4"	1	conexión bushing de alta	16918	un
R-12010206	0000351	tornillo 1/4" * 3/4" tipo b	1	sujeción conexión tierra	3019	un
R-12010150	0000357	perno galvanizado 1/2" 3/4"	2	sostiene la parte activa	3522	un
R-12030142	0001685	rodela de presión galvanizada 1/2"	2	sostiene la parte activa	3271	un
R-12030292	0001712	rodela plana galvanizada 1/2"	2	sostiene la parte activa	2029	un

Tabla 17 Llenado Monofásico 2 (LM2) [18].

Referencia	Item	Descripción	Cantidad	Notas	Inventario mp001	Unidades
R-12030237	0001704	Rodela plana acero inox 3/8 sencilla	2	Sellado tapa tanque	3528	Un
R-12020185	000389	Tuerca bronce silicón 3/8"	2	Sellado tapa tanque	10749	Un
R-12030132	0001683	Rodela de presión acero inox 3/8"	2	Sellado tapa tanque	4998	Un
R-12010225	0016787	Perno de acero inoxidable 3/8" x5"	1	Sellado tapa tanque	2133	Un
R-12020180	0000387	Tuerca bronce silicón 1/4"	1	Alargues tapas	16918	Un
R-12010140	0000339	Perno bronce silicón 1/4 x 3/4"	1	Alargues tapas	7568	Un
R-12010150	0000357	Perno galvanizado 1/2" 3/4"	1	Conexión a tierra	3522	Un
R-12030142	0001685	Rodela de presión galvanizada 1/2"	1	Conexión a tierra	3271	Un
R-12030292	0001712	Rodela plana galvanizada 1/2"	2	Conexión a tierra	2029	Un
R-12010150	0000357	Perno galvanizado 1/2" 3/4"	2	Sujeción pararrayos	3522	Un
R-12030292	0001712	Rodela plana galvanizada 1/2"	2	Sujeción pararrayos	2029	Un
Referencia	Item	Descripción	Cantidad	Notas	Inventario mp001	Unidades
R-12010140	0000339	perno bronce silicón 1/4 x 3/4"	1	alargue terminal d	7568	un
R-12030197	0001708	rodela plana bronce silicón 1/4"	2	alargue terminal d	9572	un
R-12030162	0001654	rodela de presión bronce silicón 1/4"	1	alargue terminal d	9473	un
R-12020180	0000387	tuerca bronce silicón 1/4"	1	alargue terminal d	16918	un
R-04010107	0000259	cable aislado AWG 14 tipo	1m	alargues cambiador, tierra...	8849.75	mts
R-21010104	0001980	conector tubular 6AWG	10	conexiones cambiador		
R-21010121	0001984	conector tubular 8AWG	10	conexiones cambiador	4740	un
R-12010142	0000343	perno bronce silicón 3/8*1"	2	conexión breacker	290	un
R-12030202	0001709	rodela plana bronce silicón 3/8"	2	conexión breacker	669	un
R-12020170	0000384	tuerca de 3/8" bronce 5 a 25 KVA	2	conexión breacker	5	un
R-07010163	0010803	masking tape de 19mm no 233 verde		conexiones alambre	316	roll
R-06010303	0001769	sello empuje de acero de 3/4"	1	ajustar núcleo	11610	un
R-06010308	0001771	sello de empuje de acero 5/8"	1	ajustar núcleo	27076.72	un

4.14 Elección de productos

En la presente investigación se utilizan los datos registrados en la tabla No.9 obtenidos a partir del sistema MRP, para determinar los productos a estudiar se realizó un análisis ABC de esta forma los datos tienen mayor coherencia y confiabilidad para el estudio.

Análisis ABC

Paso 1.- El procedimiento inicial fue la organización de la información y discriminación de información no pertinente, se ordenaron los datos de mayor a menor, se cuantificó la información por categorías por potencia de acuerdo al tipo de transformador, la categoría se encuentra registrada en la columna (a) de la tabla 19, se toma en cuenta únicamente los transformadores de estado Contabilizado en la columna (b), debido a que estos fueron aceptados por los clientes, vendidos y por lo tanto facturados.

Paso 2.- Se realizó el cálculo de ventas acumuladas con la ecuación 4 frecuencia absoluta ventas, se obtuvo un total de 10242 unidades vendidas, columna (d) y se obtuvo el porcentaje de la frecuencia relativa acumulada de las ventas columna (e) mediante la aplicación de la ecuación 6.

$$(frecuencia\ absoluta\ ventas) \sum_{i=1}^n X_i = N \quad (5) \quad [36]. \quad (4)$$

$$(frecuencia\ absoluta\ ventas) \sum_{i=1}^n X_i = \mathbf{10242}.$$

$$\% \text{ frecuencia relativa acumulada de ventas} = \% \frac{X_i}{N} \quad (6) \quad [36]. \quad (5)$$

Paso 3.- Se efectuó la categorización por zonas de acuerdo a los porcentajes con el siguiente criterio 80%, 15% y 5%, categorizadas en A, B C como indica la tabla 18 de acuerdo a la frecuencia relativa de las ventas, columnas (f) y (g) Tabla 19:

Tabla 18. Categorización ABC.

CATEGORIZACIÓN	ZONA
0-80%	A
80%-95%	B
95%-100%	C

Tabla 19. Porcentaje de ventas 2016 transformadores monofásicos [18].

DESCRIPCIÓN ITEM (a)	ESTADO (b)	VENTAS (c)	VENTAS ACUMULADA (d)	% VENTAS ACUMULADA (e)	ZONAS (f)	% VENTAS (g)
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 25 KVA	Contabilizado	2537	2537	24.77%	A	78.09%
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 50 KVA	Contabilizado	2360	4897	47.81%	A	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 10 KVA	Contabilizado	1828	6725	65.66%	A	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 37.5 KVA	Contabilizado	1273	7998	78.09%	A	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 15 KVA	Contabilizado	971	8969	87.57%	B	14.52%
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 5 KVA	Contabilizado	516	9485	92.61%	B	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 75 KVA	Contabilizado	272	9757	95.26%	C	7.39%
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 50 KVA	Contabilizado	86	9843	96.10%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 37 KVA	Contabilizado	76	9919	96.85%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 25 KVA	Contabilizado	73	9992	97.56%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 37.5 KVA	Contabilizado	67	10059	98.21%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 75 KVA	Contabilizado	62	10121	98.82%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 100 KVA	Contabilizado	42	10163	99.23%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 15 KVA	Contabilizado	33	10196	99.55%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 0.5 KVA	Contabilizado	13	10209	99.68%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 3 KVA	Contabilizado	12	10221	99.79%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 10 KVA	Contabilizado	4	10225	99.83%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO PAD 167 KVA	Contabilizado	4	10229	99.87%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 100 KVA	Contabilizado	4	10233	99.91%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 167 KVA	Contabilizado	3	10236	99.94%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO FM 10 KVA	Contabilizado	1	10237	99.95%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO FM 37.5 KVA	Contabilizado	1	10238	99.96%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO FM 75 KVA	Contabilizado	1	10239	99.97%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 250 KVA	Contabilizado	1	10240	99.98%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 333 KVA	Contabilizado	1	10241	99.99%	C	
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 500 KVA	Contabilizado	1	10242	100.00%	C	
		10242				100.00%

Paso 4.- Se realiza el diagrama de Pareto Fig. 42 para identificar los Ítems que tuvieron mayor venta según las categorías señaladas en la tabla 19. Esta herramienta gráfica permite organizar los datos de izquierda a derecha y de mayor a menor, permitiendo identificar visualmente se encuentran dentro del 20%.

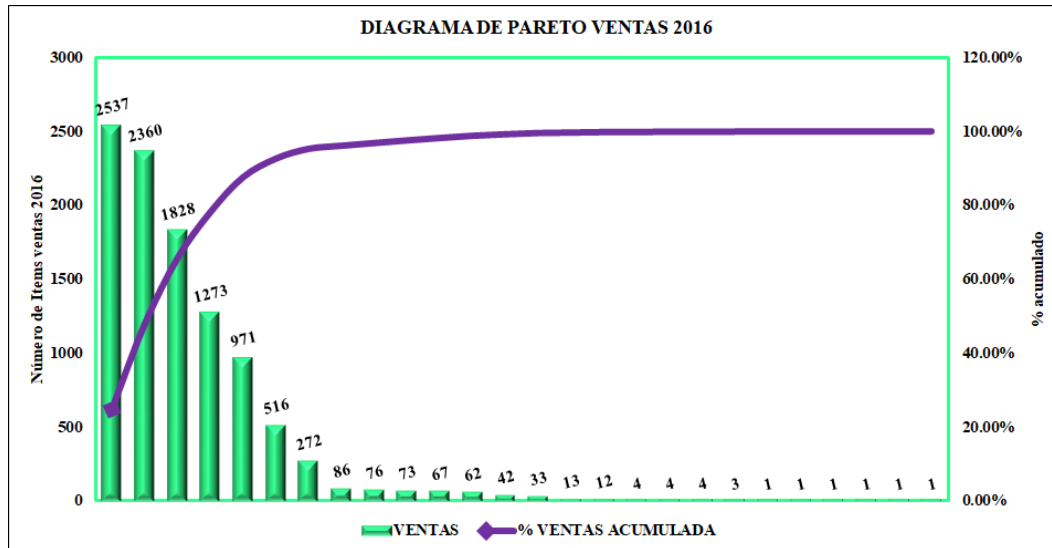


Fig. 42 Diagrama de Pareto ventas 2016, transformadores monofásicos [18]

Paso 5.- Se realiza un resumen con los valores obtenidos del análisis ubicándoles en las categorías mencionadas en la tabla 18. En este resumen se detalla las áreas a las que pertenecen los artículos según las categorías y permite obtener de manera gráfica dichos resultados Ver tabla 20.

Tabla 20. Porcentaje de ventas 2016 transformadores monofásicos [18].

CATEGORIZACIÓN	ZONA	NO. ARTÍCULOS (c)	% ARTÍCULOS	%ACUMULADO	% VENTAS	% VENTAS ACUMULADA
0-80%	A	4	15.4%	15.38%	78.09%	78.09%
80%-95%	B	2	7.7%	23.08%	14.52%	92.61%
95%-100%	C	20	76.9%	100.00%	7.39%	100.00%
		26	100.0%		100.00%	

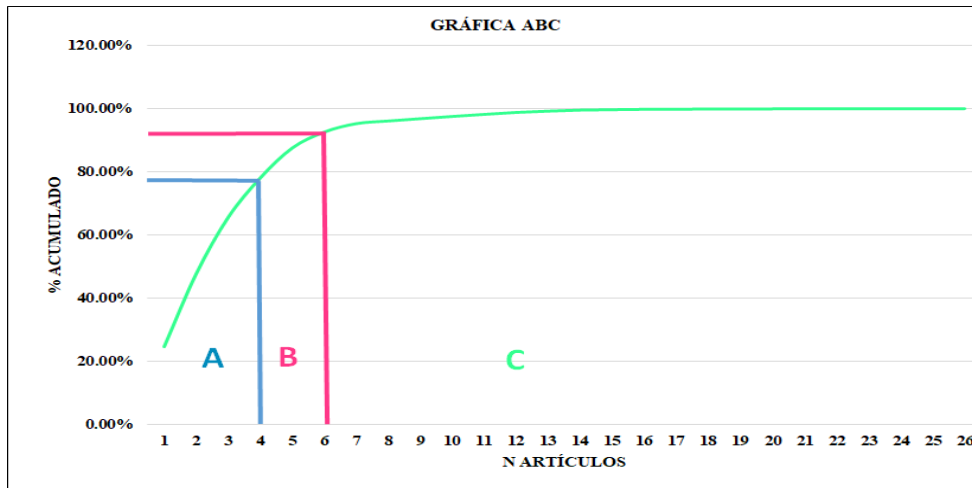


Fig. 43 Gráfica ABC [18].

En la zona A se encuentran 4 artículos, los mismos representan el 15.4% del total de artículos vendidos y constituyen un 78.09% de las ventas, en la zona B se encuentran 2 artículos, los que representan el 7.7% de los artículos vendidos y son responsables del 14.52% de las ventas, en la zona C se encuentran los 20 restantes artículos, constituyen el 76.9% de los artículos vendidos y forman parte del 7.39% de las ventas del 2016.

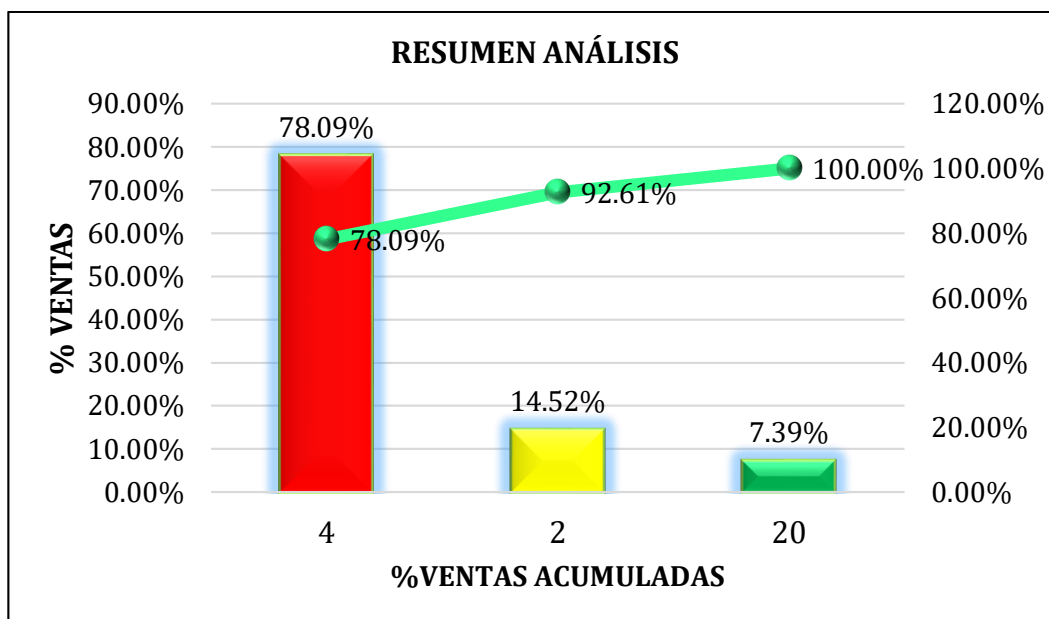


Fig. 44 Análisis diagrama de Pareto.

Tabla 21. Porcentaje de ventas 2016 transformadores monofásicos [18].

DESCRIPCIÓN ITEM	ESTADO	VENTAS
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 25 KVA	Contabilizado	2537
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 50 KVA	Contabilizado	2360
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 10 KVA	Contabilizado	1828
TRANSFORMADOR MONOFASICO SUB 37.5 KVA	Contabilizado	1273

4.15 Levantamiento de Procesos

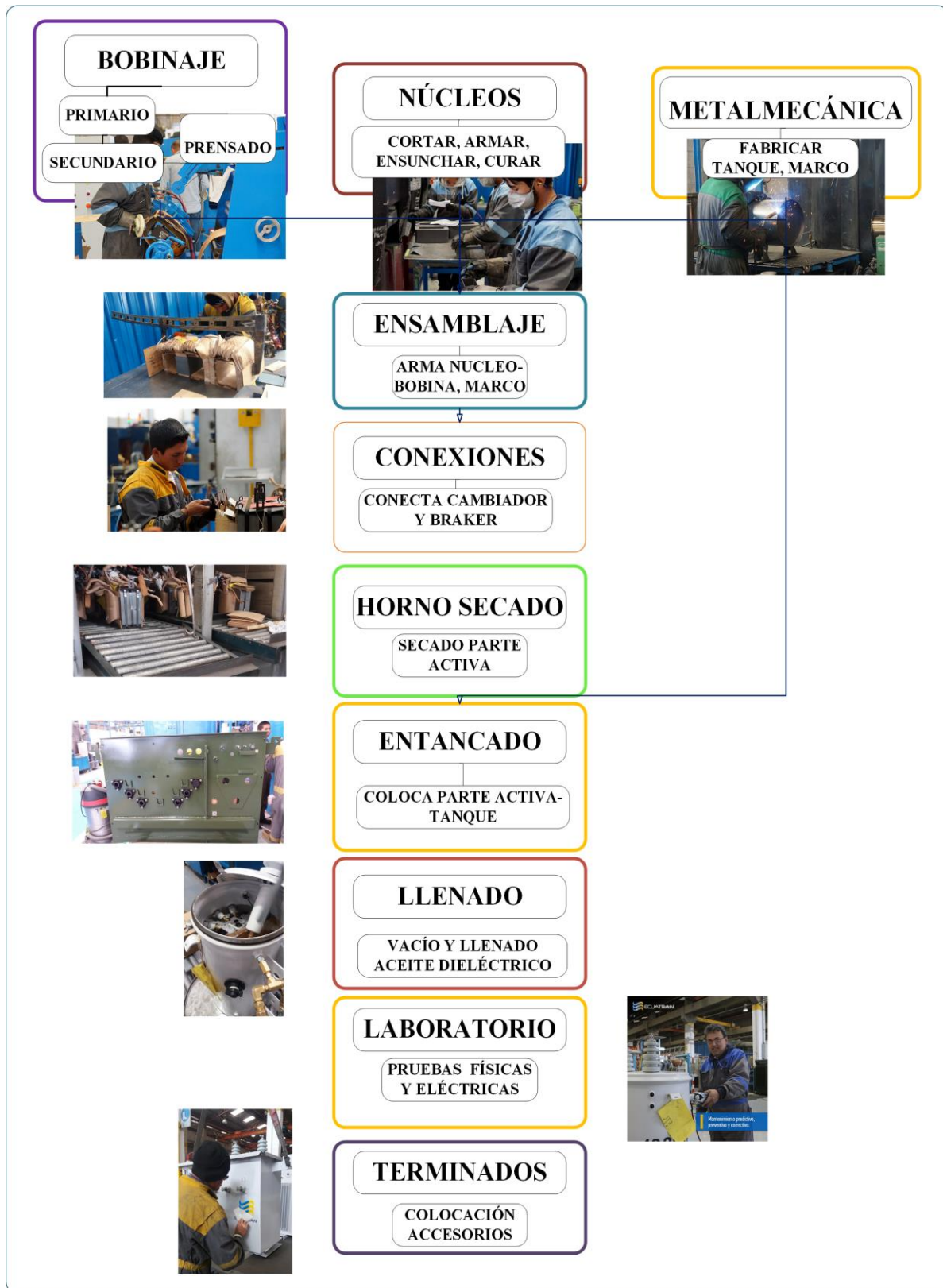


Fig. 45 Flujo del proceso de fabricación de transformadores monofásicos y trifásicos [18].

Tabla 22. Ruta del proceso [18].

		RUTA DEL PROCESO			Cód.:	
					Fecha elab:	
Elaborado por:		Revisado por:			Fecha ult rev:	
Elaborado por:		Revisado por:			Aprobado por:	
SECCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	EQUIPO UTILIZADO	CÓDIGO DE LA MAQUINA	ÁREA DE TRABAJO	PUNTO DE CONTROL	
BOBINAJE Y NÚCLEOS	Preparación de ductos de cartón	Cizalladora (-) manual WYSONG	32	A		
		carpintería				
	Preparación del papel	Cortadora de papel WARCO	36	A	X	
	Preparación de cartones	Cizalladora manual WYSONG	32	A		
		Dobladora manual	33	A		
	Bobinado secundario interior	Bobinadoras de la 1 a la 5	38.1-38.5	A	X	
	Bobinado primario	Bobinadoras de la 1 a la 7	38.1-38.7	A	X	
	Bobinado secundario exterior	Bobinadoras de la 1 a la 5	38.1-38.5	A	X	
	Dimensionamiento, corte y armado de núcleos monofásicos y trifásicos toroidales	Cortadoras de núcleos 1 y 2	25.1-25.2	B1	X	
		Perforadora manual	B	B1		
		Cortadora de núcleos LASA	19.2	B2		
	Dimensionamiento, Corte y armado de núcleos monofásicos y trifásicos octogonales	Cortadora UNICORE	25.3	B1	X	
	Recocer núcleos monofásicos y trifásicos toroidales y octogonales	Horno de recocido (-) SECO / WARWICK	20A - C	B	X	
Realizar pruebas de pérdidas en vacío a los núcleos y clasificarlos	Vatímetro	S/N	B5	X		
METALMECÁNICA	Medir, Cortar material para el cilindro del tanque	Cizalla hidráulica NIAGARA	2	C1	X	
	Embutir nivel a aceite	CIZALLADORA HIDRÁULICA NIAGARA-TROQUELADORA HILL ACME	16	C2		
	Embutir el logotipo del cliente (Ver Orden de Producción)	Dobladora Hidráulica NIAGARA	16	C2		
	Barolar material del cilindro del tanque	Baroladora CHAMPION	3	C3		
	Apuntar y Pulir el cilindro del tanque	Soldadora MIG (LINDE)	1.2	C3		
		Pulidora (-) Eléctrica Mediana	S/N	C3		
	Soldar y Pulir cilindro del tanque (Cordón Principal)	Soldadora MIG (LINDE)	1.2	C3		
Acanalar cilindro del tanque y ubicar la base	Acanaladora BLUE VALLEY	4	C3	X		

Soldar la base al cilindro del tanque	Soldadora MIG (LINDE)	1.2	C3	
Prueba de hermeticidad del tanque (-)	(-)Equipo de prueba de hermeticidad	S/N	C4	X
Perforar el tanque ((-) 4 Estaciones)	Perforadora BALDOR	5	C4	
Posicionar accesorios en el tanque	Soldadora MIG (LINDE)	1.3	C4	
Soldar accesorios al tanque	Soldadora MIG (LINDE)	1.4	C5	
Limpiar el tanque	S/N	S/N	C6	
Granallar tanque	Cabina de Granallado	7	C6	
Quitar chispa del tanque	Cabina de Pintura en Polvo	8.2	C6	
Aplicar pintura al tanque monofásico	Cabina de Pintura en Polvo	8.2	C6	X
Curar tanque monofásico y trifásico	Horno de secado SIFAP	8.3	C6	X
Medir, Cortar material para la base del (-) Tanque	Cizalla hidráulica NIAGARA	2	C1	
Cortar círculo para la base del (-) Tanque	Cortadora Circular BLUE VALLEY	13	C3	
Formar base del tanque	Formadora de Fondos BLUE VALLEY	14	C3	
Medir, Cortar material para la tapa del (-) Tanque	Cizalla hidráulica NIAGARA	2	C1	
Cortar círculo para la tapa del (-) Tanque	Cortadora Circular BLUE VALLEY	13	C3	
Presar tapa del Transformador	Prensa Hidráulica PACIFIC	12	C1	
Perforar tapa (-) (subestación)(-)	Prensa Hidráulica PACIFIC	12	C1	
Medir, Cortar material para la banda de tierra	Cizalla hidráulica NIAGARA	2	C1	
Perforar banda de tierra	Troqueladora HILL ACME	15	C5	
Soldar banda de tierra a la tapa del transformador	Soldadora de Punto TECNA	30	C2	
Pulir banda de tierra	(-) Pulidora Eléctrica mediana	S/N	C2	
Limpiar la tapa del transformador	S/N	S/N	207	
Granallar tapa del transformador	Cabina de Granallado	7	C6	
Aplicar pintura en polvo a la tapa del transformador	Cabina de Pintura en Polvo	8.2	C6	X
Curar tapa del transformador	Horno de secado SIFAP	8.3	C6	X
Medir, Cortar material para la banda de cierre	Cizalla hidráulica NIAGARA	2	C1	
Plegar o doblar la banda de cierre	Dobladora Hidráulica NIAGARA	16	C2	
Barolar banda de cierre	(-) Baroladora de Bandas de Cierre	18	C3	
Fabricar seguros para banda de cierre	Cizalla hidráulica NIAGARA	2	C2	
	Troqueladora HILL ACME	15	C2	
	Dobladora Hidráulica NIAGARA	16	C2	
Soldar seguros a la banda de cierre	Soldadora de Punto TECNA	30	C5	
Limpiar la banda de cierre	S/N	S/N	C6	
Granallar banda de cierre	Cabina de Granallado	7	C6	

	Aplicar pintura a la banda de cierre	Cabina de Pintura en Polvo	8.2	C6	X
	Curar banda de cierre	Horno de secado SIFAP	8.3	C6	
	Medir, Cortar material para soportes de montaje	Cizalla hidráulica NIAGARA	2	C1	
	Troquelar soportes de montaje	Troqueladora HILL ACME	15	C2	
	Embutir los soportes de montaje	Prensa Hidráulica PACIFIC	12	C2	
		Dobladora Hidráulica NIAGARA	16	C2	
	Medir, Cortar y soldar seguros para soportes de montaje	Prensa Hidráulica PACIFIC-Dobladora Hidráulica NIAGARA	2	C2	
		Soldadora MIG (LINDE)	1.3	C5	
METALMECÁNICA	Medir, Cortar material para soportes de izado	Cizalla hidráulica NIAGARA	2	C1	
	Troquelar soportes de izado	Troqueladora HILL ACME	15	C2	
	Esmerilar los soportes de izado	Esmeril de Banco MILWAUKEE	A.1	C	
	(-) Embutir los soportes de izado	Dobladora Hidráulica NIAGARA	16	C2	
	Medir, Cortar material para marcos de parte activa (superior e inferior)	Cizalla hidráulica NIAGARA	2	C1	
	Troquelar marcos de la parte activa (superior e inferior)	Troqueladora HILL ACME	15	C2	
	Doblar marcos de la parte activa (superior e inferior)	Dobladora Hidráulica NIAGARA	16	C2	
	(-)	(-)		(-)	
	Medir, Cortar material para soportes de fijación de la parte activa	Cizalla hidráulica NIAGARA	2	C1	
	Troquelar soportes de fijación de la parte activa	Troqueladora HILL ACME	15	C2	
	Doblar soportes de fijación de la parte activa	Dobladora Hidráulica NIAGARA	16	C2	
	Soldar soportes de fijación al marco superior de la parte activa	Soldadoras MIG (LINDE-CEBORA)	1.5	C5	
	Medir, Cortar material para el portaplacas	Cizalla hidráulica NIAGARA	2	C1	
	Perforar el portaplaca	Taladradora Vertical CHEN FWA	41.1	C1	
	Doblar el portaplaca	Dobladora Hidráulica NIAGARA	16	C2	
	ENSAMBLAJE	Empapelado o Empaquetado de la bobina	Mesa de empaquetado 1	S/N	D1
Ensamblar Núcleo y Bobina		Mesa de trabajo 1 a 4	S/N	D1	
Cortar y soldar platina de cobre para terminales de baja (cuando se requiera)		Cizalla hidráulica NIAGARA	2	D2	
Cortar cartón		Cizalla hidráulica NIAGARA	2	A	
		Cizalla manual WYSONG	32	A	
Colocar marcos superior e inferior		Mesa de trabajo 1 a 3	S/N	D1	
Conectar cambiador de derivaciones, y remachar terminales tipo ojo (cuando se requiera)		Banda Transportadora 1	S/N	D1	
		Remachadora neumática AMP	S/N	D1	
Realizar prueba de TTR a la parte activa	TTR Biddle		D1	X	

	Secado de la parte activa	Horno de secado DRY-SYS	23-A	D2	
	Realizar megado de la parte activa	Megger	S/N	D2	X
ENTANCADO, VACÍO LLENADO	Preparar tanque	Área de trabajo 1	S/N	D3	
	Preparar breaker	Mesa de trabajo 4	S/N	D3	
	Preparar parte activa	Mesa de trabajo 4	S/N	D3	
	Preparar bujes de alto voltaje y tapa	Mesa de trabajo 5	S/N	D3	
	Conexiones: Bajo Voltaje - TAP - Breacker	Banda Transportadora 2	S/N	D3	
	Revisar la rigidez dieléctrica del aceite para el llenado	Espinterómetro	S/N	D3	X
	Llenar Transformador - Colocar Tapa - Conexión Alto Voltaje	Banda Transportadora 2	S/N	D4	X
LABORATORIO	Realizar pruebas de laboratorio transformadores monofásicos	Varios	S/N		X
TERMINADOS	Preparar placa monofásica	Banda Transportadora 1	S/N	E4	
	Terminado del transformador	Área de terminados monofásico	S/N	E1	
	Realizar una inspección final al producto - liberación del producto	Inspección Visual	S/N	E1	X
	Entrega del producto a logística	Montacargas	S/N	E1	
	Realizar pallets de madera	Carpintería	S/N	E3	

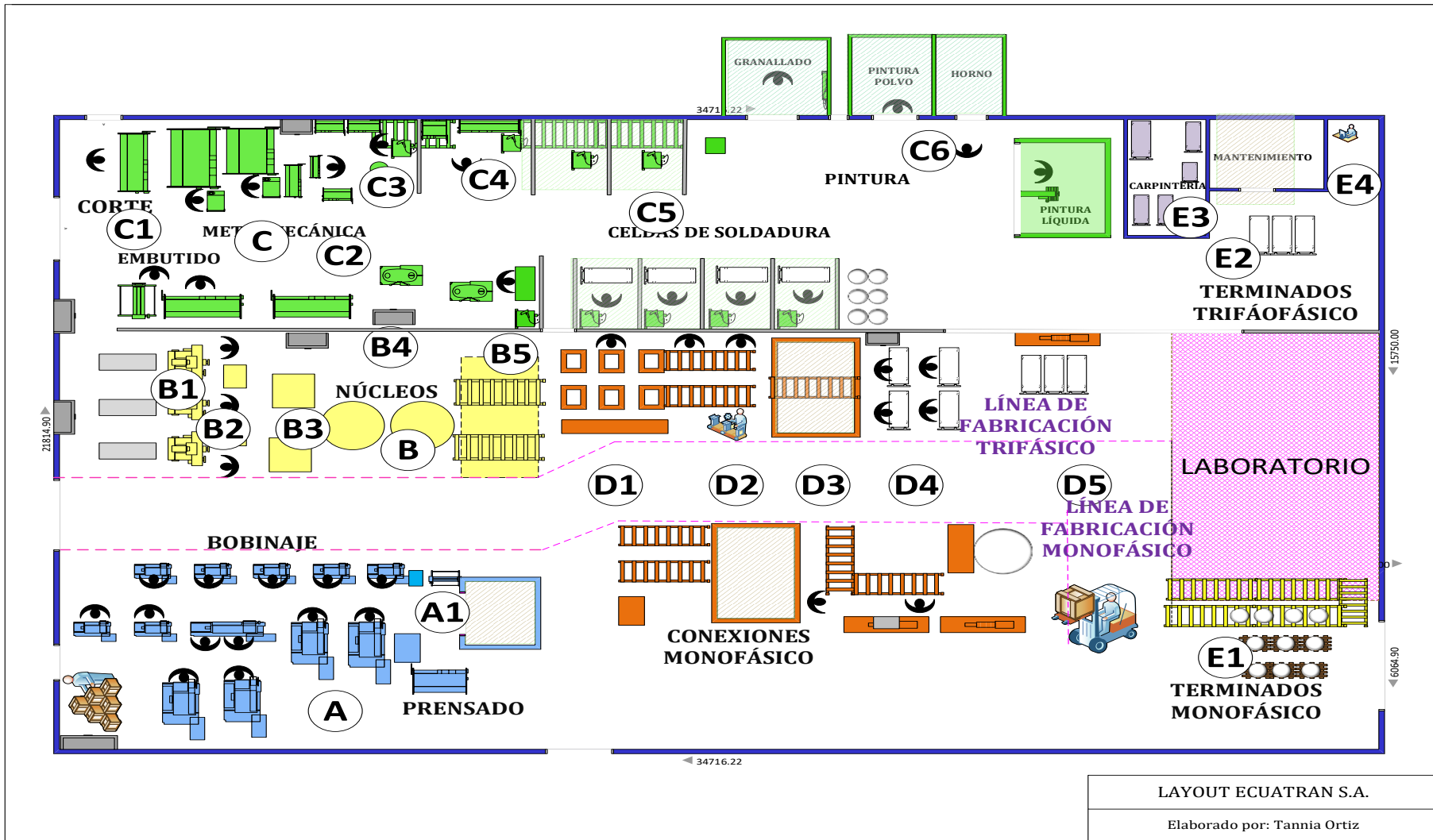


Fig. 46 Layout de la planta de producción Ecuatran S.A. [18].

Diagramas del proceso por tipo de transformador

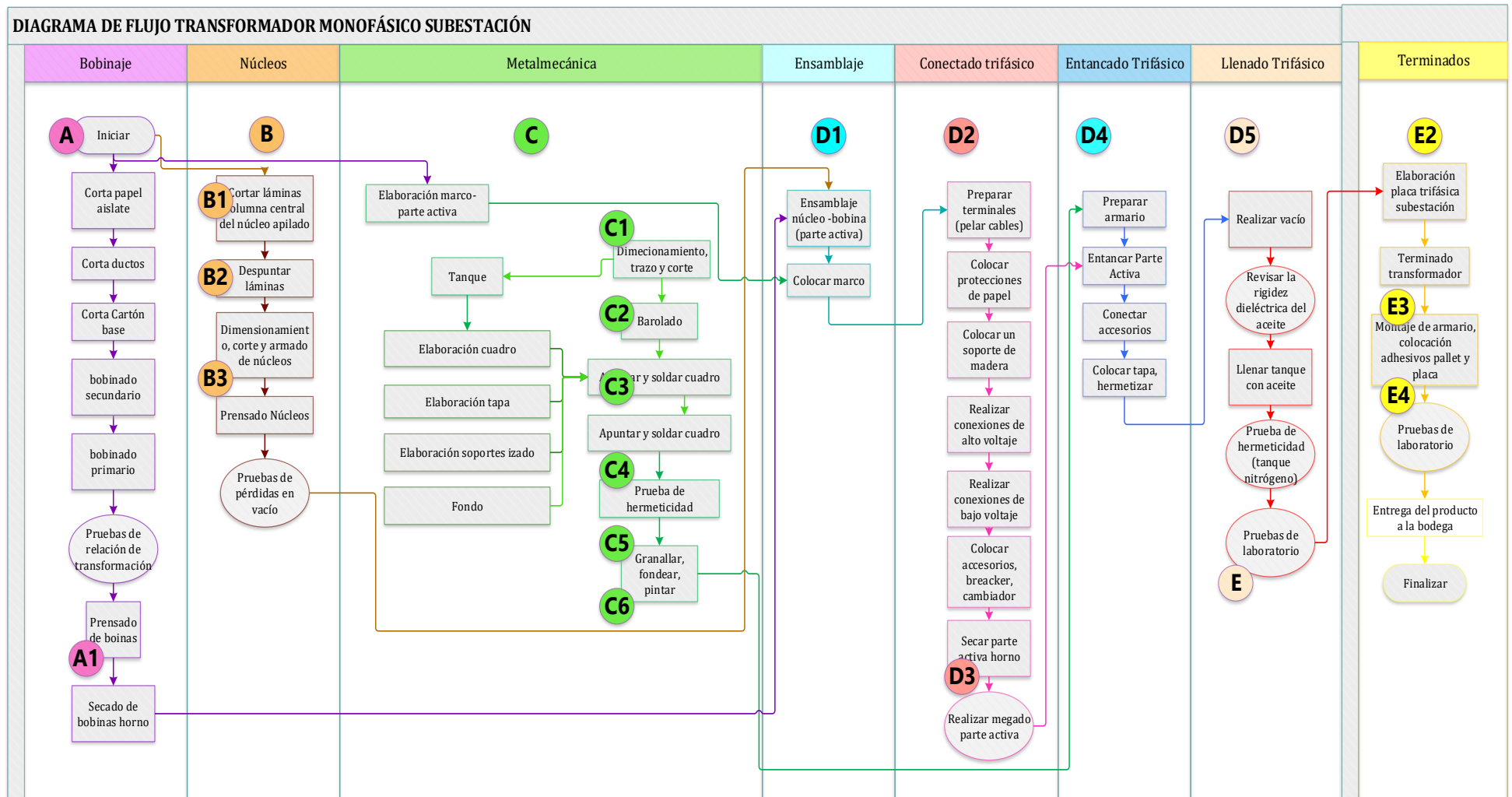


Fig. No.47 Diagrama del Proceso Transformador Monofásico tipo Subestación [18].

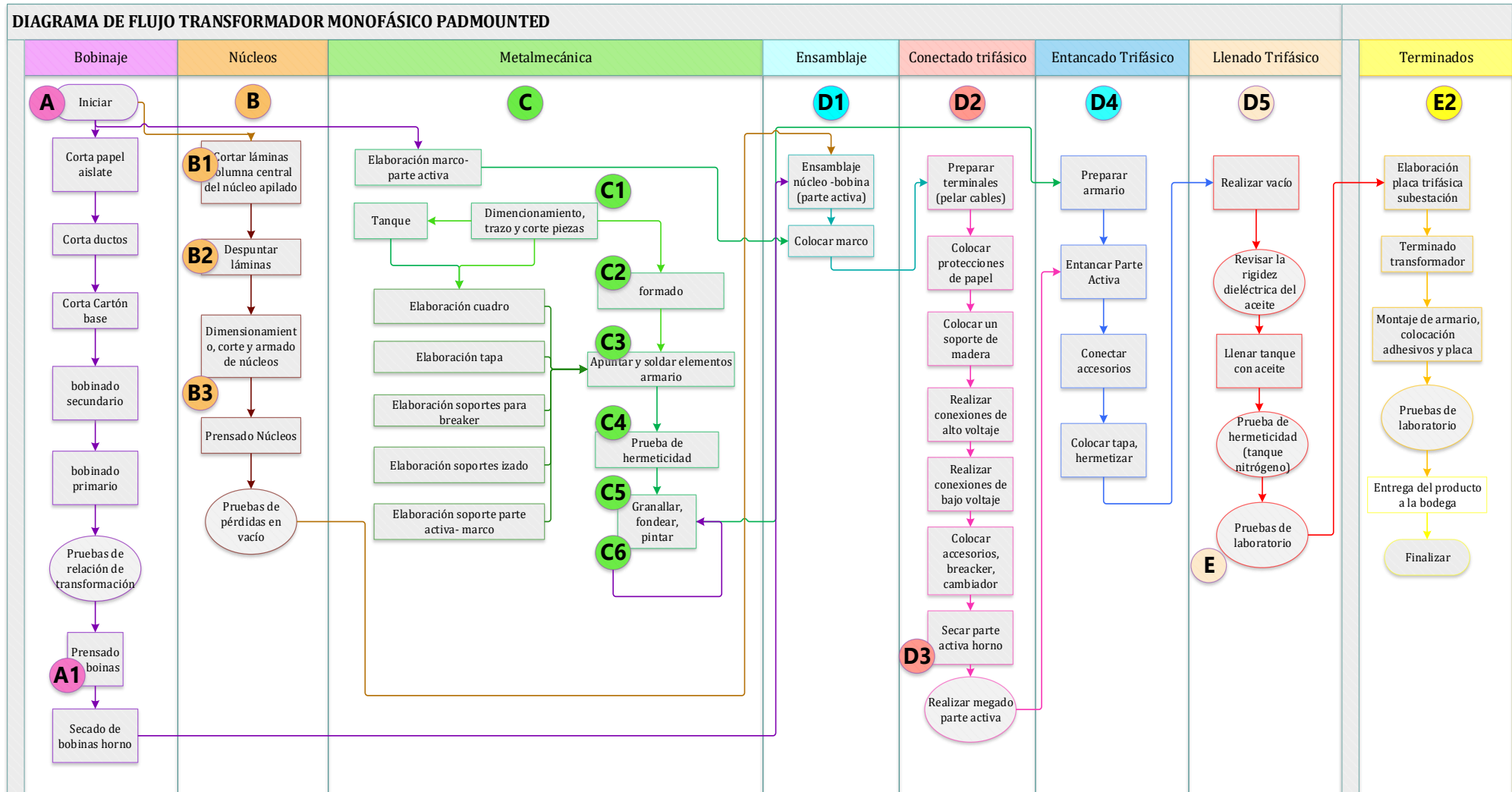


Fig. 48 Diagrama del Proceso Transformador Monofásico tipo Padmounted [18].

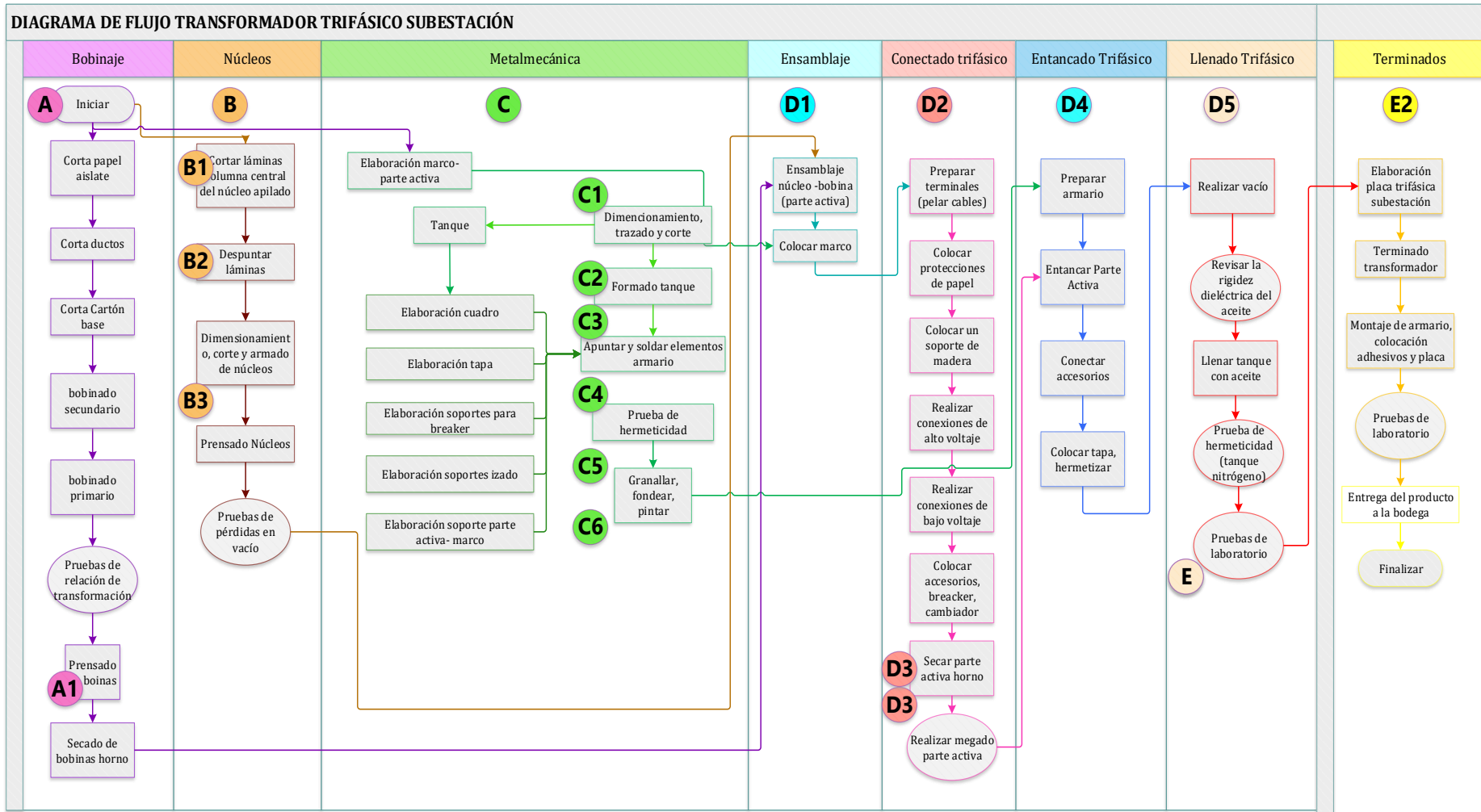


Fig. 49 Diagrama del Proceso Transformador Trifásico tipo Subestación [18].

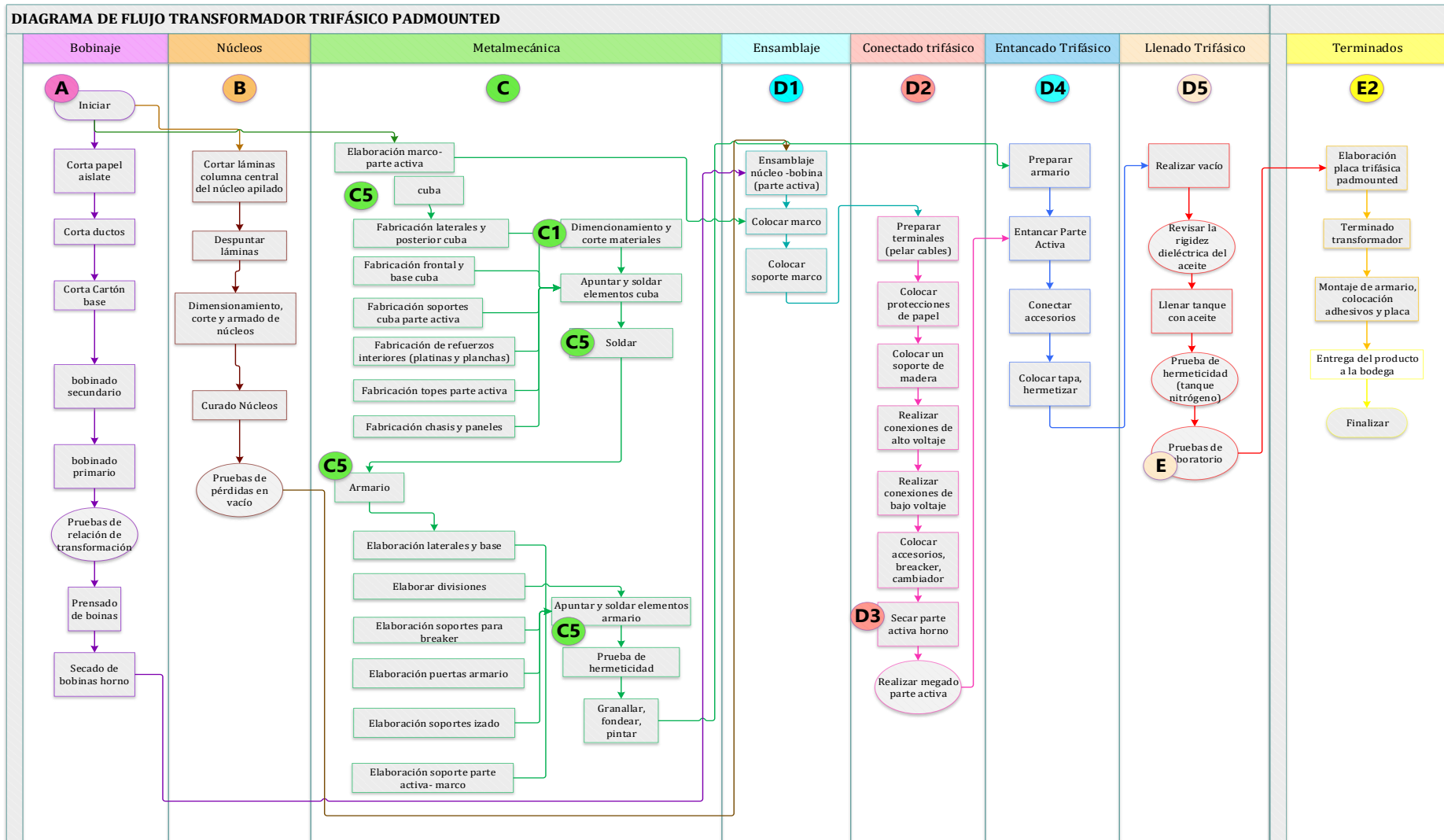


Fig. 50 Diagrama del Proceso Transformador Trifásico tipo Padmounted [18].

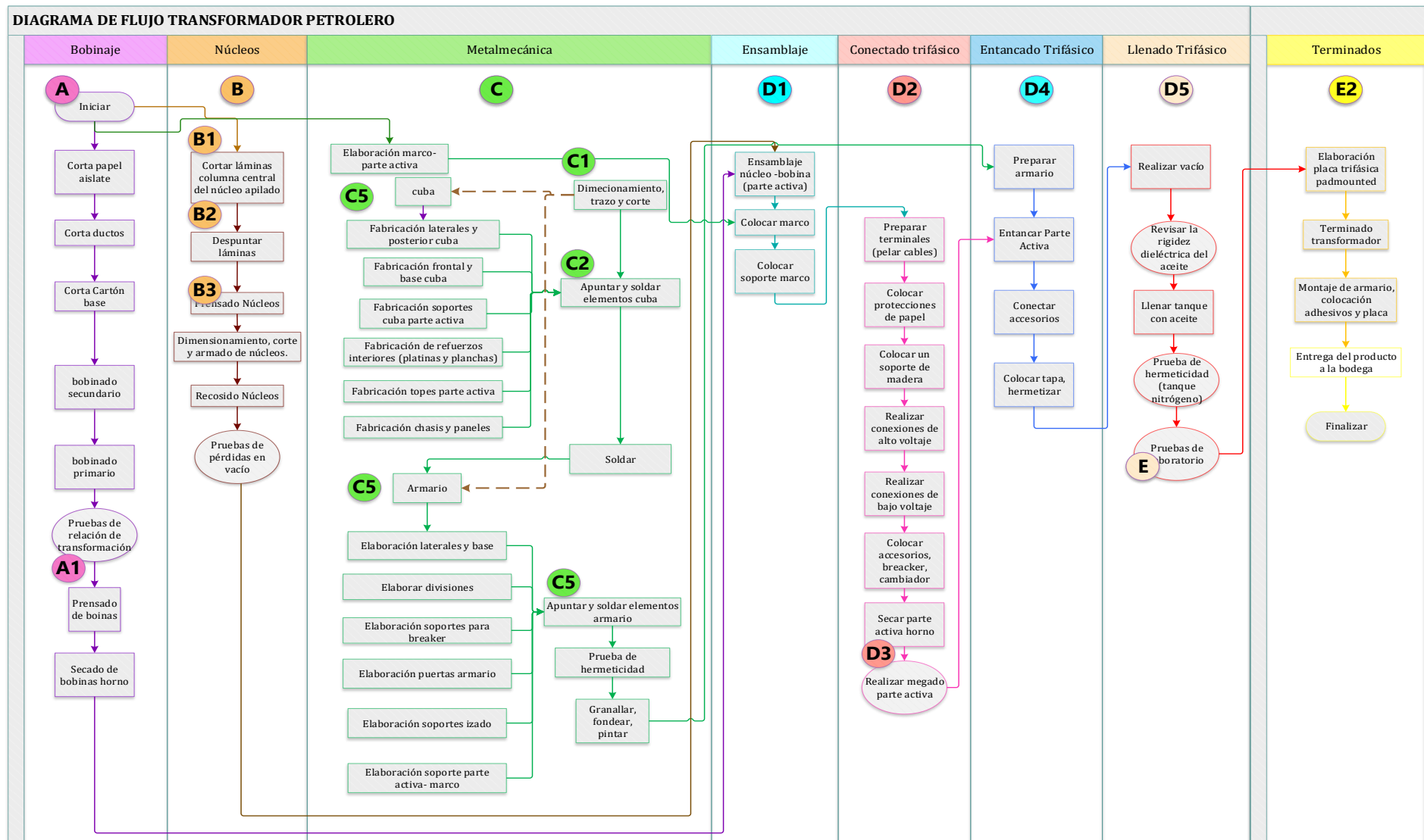


Fig. 51 Diagrama del Proceso Transformador Petrolero [18].

4.16 Estudio de Tiempos

Una vez indicados los procesos de producción de los transformadores, con el objetivo de investigación se procede a incluir el estudio de tiempos de transformadores monofásicos.

Métodos utilizados

Para evaluar el rendimiento de los operarios se realizó un estudio de tiempos con las operaciones de rutina para la fabricación de un transformador antes de la instalación y después de la instalación del sistema, se utiliza un formato lean de tiempos como se indica en el anexo 6.

Selección de operaciones

La composición interna de un transformador es similar y utiliza materiales comunes entre productos, como hemos podido apreciar con la investigación cada transformador utiliza una gran cantidad de material de sujeción, es por este motivo que se realizó la comparación tiempos entre productos con similares características de esta manera poder apreciar el desempeño del personal operativo una vez instalado el sistema.

Elección del personal operativo

Para una evaluación acertada se elige a una persona que ya tenga experiencia dentro del área, se observa su habilidad previa a la obtención de datos con el objetivo de que la información tenga coherencia.

Método para la toma de tiempos

En vista de que la fabricación de un transformador requiere de un pedido confirmado por parte de un cliente, es decir se trabaja bajo pedido y cada transformador tiene su particular especificación y requerimiento, se trabajó con las muestras a las que se tuvo acceso dentro del tiempo disponible para la ejecución del proyecto y de similares características que puedan diferenciar a los transformadores, ejemplo, la potencia.

Se ha trabajado dentro de las secciones Llenado Monofásico y Llenado Trifásico y se toma el tiempo de fabricación de los transformadores más vendidos dentro de la línea monofásica según la información analizada. Tabla 23.

Suplementos

Los suplementos son inevitables dentro de una operación ya que corresponden al tiempo que tarda una persona en reponerse de la fatiga se dividen en fijos y variables.

Suplementos Constantes

Son los calculados para suplir las demoras por necesidades personales.

Suplementos Variables

Corresponden a las interrupciones por el cansancio muscular del trabajador.

Se consideraron los siguientes suplementos:

Tabla 23. Costo cajoneras plásticas [37].

SUPLEMENTOS CONSTANTES		
	Hombre	Mujer
A. Suplemento por necesidades personales	5	7
B. Suplemento base por fatiga	4	4
SUPLEMENTOS VARIABLES		
	Hombre	Mujer
A. Suplemento por trabajo de pie	2	4
B. Suplemento por postura anormal	2	4
ligeramente incómoda	0	1
Incómoda (inclinado)	2	3
Muy incómoda (acostado, estirado)	7	7

Tiempo básico.

Es el tiempo que requiere un operario en ejecutar una tarea, se obtiene aplicando la siguiente ecuación (6).

$$Tb = Prom * V/100 \quad (6)$$

Donde:

Prom(min). - Es el tiempo medio de la recolección de tiempos, en base al número de muestras tomadas en el estudio.

V (%). - factor de valoración del técnico, este valor se refiere a la calificación de la habilidad del operario comparado con un trabajador experto en el trabajo.

Tiempo estándar.

Es el tiempo que tarda un operario con entrenamiento y habilidad e realizar una operación y trabaja a un ritmo constante, este tiempo se obtuvo con la aplicación de la ecuación (7).

$$Tiempo\ estandar(Ts) = tiempo\ normal\ o\ básico + (tiempo\ suplementos) \quad (7)$$

La tabla 24 indica el estudio de tiempos realizado en el área de llenado monofásico Para las potencias

Las operaciones que se midieron fueron: Entancado, conectado de accesorios, Vacío, Llenado de aceite y la prueba de hermeticidad, antes de la instalación del sistema de abastecimiento Kanban.


Tabla 24. Estudio de tiempos N.1(a)

Descripción de actividades	
Producto: transformador monofásico	
Operación: Llenado y Entancado monofásico	
Estudio No. 1(a)	
1	Entancado
	Transporte de la parte activa desde el horno de secado al rodillo, limpieza de breacker, colocación de tornillo tipo b (tierra), colocación de alambre recubierto, colocación de la parte activa dentro del tanque, ajuste de parte activa con elementos de sujeción
2	Conectado
	Conectado de accesorios, terminales bushing de baja, accesorios cambiador, accesorios breacker, colocación de tapa y conexión de bushing, colocación de válvula de vacío y llenado.
3	Vacío
	Se realiza presión de vacío al transformador
4	Llenado
	Se llena el tanque de aceite dieléctrico mientras continúa la presión de vacío.
5	Hermeticidad
	Se realiza una prueba (colocación de talco más alcohol sobre la superficie) para comprobar la hermeticidad del tanque

Estudio de tiempos N.1

Transformador Monofásico subestación auto protegido de 25kvas, tabla 25.

Tabla 25. Estudio de tiempos N.1(a)

ESTUDIO DE TIEMPOS ENTANCADO MONOFÁSICO 										
SECCIÓN: Llenado monofásico						Estudio de tiempos N.1(a) sin sistema de abastecimiento kanban				
HERRAMIENTAS: torquimetro, llave hexagonal neumática, dados hexagonales, puente grúa, destornillador plano						OBRERO: HOMBRE		Fecha comienzo: 8/08/2017		
PRODUCTO: Transformador monofásico de 25KVA						TRABAJO MANUAL		Fecha fin: 12/08/2018		
CARACTERÍSTICAS: 25.429 Breacker sumergido y fusible de distribución						OBSERVADO POR: Tannia Ortiz				
ACTIVIDADES						TIPO				
1 Entancado						Manual				
2 Conectado						Manual				
3 Vacio						Campana de vacio				
4 Llenado						Manual				
5 Hermeticidad						Manual				
No.	CICLOS (min)					PROM(min)	V(%)	TB(min)	S(%)	TS(min)
	1	2	3	4	5					
1	6.98	8.90	6.80	6.70	8.94	7.66	100%	7.80	11%	8.66
2	23.00	22.00	17.90	18.00	17.80	19.74	100%	19.09	11%	21.19
3	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	100%	20.00	0%	30.00
4	23.67	23.40	33.50	33.76	33.20	29.51	100%	30.67	11%	34.05
5	4.50	4.52	5.00	5.80	4.98	4.96	100%	5.05	11%	5.61
TOTAL(min)										99.50154

Para la recolección de la información acerca del tiempo de cada proceso se han identificado las operaciones que agregan valor al producto, operaciones que son necesarias, pero no agregan valor y actividades absolutamente innecesarias como se indica en la Fig. 52



Fig. 52 Clasificación de tiempos, transformador monofásico de 25kvas.

Las actividades que agregan valor son aquellas que se realizan para la transformación del producto o contribuyen a las características del transformador, como conectar accesorios,

ajustar pernería, sujetar la parte activa, ajustar bushing, añadir aceite, conectar válvula, realizar vacío, este tiempo corresponde al 64% del tiempo total empleado.


Actividades que no agregan valor, pero se consideran necesarias, como el transporte de la parte activa desde el horno hasta la banda transportadora, esperas por lotes altos, este tiempo corresponde al 2% del tiempo total empleado para la operación.

Actividades innecesarias son aquellas que se consideraron totalmente fuera de contexto y la posibilidad de eliminarlas o reducirlas es evidente y alta, como por ejemplo traslados hacia bodega por materiales pequeños, traslados hacia otros lugares por herramientas, demoras por búsqueda de algún material, reprocesos, este tiempo corresponde al 34% del tiempo total empleado. Ver tabla 26

Estudio de tiempos N.2

Transformador Monofásico subestación auto protegido de 50kvas, tabla 26.

Tabla 26. Estudio de tiempos N.2(a)

ESTUDIO DE TIEMPOS ENTANCADO MONOFÁSICO											
SECCIÓN: Llenado monofásico						Estudio de tiempos N.2(a) sin sistema de abastecimiento kanban					
HERRAMIENTAS: torquímetro, llave hexagonal neumática, dados hexagonales, puente grúa, destornillador plano						OBRERO: HOMBRE	Fecha comienzo: 15/08/2017				
PRODUCTO: Transformador monofásico de 50KVA						MÁQUINA: N/A	Fecha fin: 19/08/2017				
CARACTERÍSTICAS: 50.386 auto protegido 1BSA, 1FD						OBSERVADO POR: Tannia Ortiz					
ACTIVIDADES							TIPO				
1	Entancado						Manual				
2	Conectado						Manual				
3	Vacío						Campana de vacío				
4	Llenado y vacío						Manual				
5	Hermeticidad						Manual				
No.	CICLOS (min)					PROM(min)	V(%)	TB(min)	S(%)	TS(min)	
	1	2	3	4	5						
1	11.98	12.07	18.30	17.90	15.00	15.05	100%	15.66	11%	17.39	
2	24.00	24.50	25.00	24.75	24.00	24.45	100%	24.54	11%	27.24	
3	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	100%	30.00	0%	30.00	
4	23.87	23.89	24.73	23.77	23.87	23.02	100%	23.86	11%	26.48	
5	11.00	11.20	10.90	10.75	12.73	11.32	100%	11.38	11%	12.63	
TOTAL(min)										113.736	

Para la recolección de la información acerca del tiempo de cada proceso se han identificado las operaciones que agregan valor al producto, operaciones que son necesarias, pero no agregan valor y actividades absolutamente innecesarias como se indica en la Fig. 53



Fig. 53 Clasificación de tiempos, transformador monofásico de 50kvas.

Actividades que agregan valor al producto; Entancado, ajuste de parte activa, colocación y ajuste de accesorios breacker, colocación y ajuste de accesorios bushing, colocación de válvulas, vacío, llenado, hermeticidad, que corresponden al 72% del total del tiempo empleado.


Actividades que no agregan valor, pero se consideran necesarias, como el transporte de la parte activa desde el horno hasta la banda transportadora, esperas por lotes altos, este tiempo corresponde al 1% del total del tiempo empleado.

Actividades innecesarias son aquellas que se consideraron un desperdicio y la posibilidad de eliminarlas o reducirlas es evidente, entre las actividades son; traslados hacia bodega por materiales pequeños, traslados hacia otros lugares por herramientas, demoras por búsqueda de algún material, espera por tiempo de vacío, reprocesos por tuercas de bushing defectuosas, traslados innecesarios y corresponden al 27% del tiempo total empleado.

Estudio de tiempos N.3.

Transformador Monofásico subestación auto protegido de 10kvas, tabla 27.

Tabla 27. Estudio de tiempos N.3(a)

ESTUDIO DE TIEMPOS ENTANCADO MONOFÁSICO 											
SECCIÓN: Llenado monofásico						Estudio de tiempos N.3(a) sin sistema de abastecimiento kanban					
HERRAMIENTAS: taquímetro, llave hexagonal neumática, dados hexagonales, puente grúa, destornillador plano						OBRERO: HOMBRE		Fecha comienzo: 31/07/2017			
PRODUCTO: Transformador monofásico de 10KVA						MÁQUINA: N/A		Fecha fin: 04/08/2018			
CARACTERÍSTICAS: 10.382 auto protegido						OBSERVADO POR: Tannia Ortiz					
ACTIVIDADES						TIPO					
1	Entancado					Manual					
2	Conectado					Manual					
3	Vacío					Campana de vacío					
4	Llenado					Manual					
5	Hermeticidad					Manual					
No.	Eventos	CICLOS (min)					PROM(min)	V(%)	TB(min)	S(%)	TS(min)
		1	2	3	4	5					
1	1	4.76	5.00	4.75	4.70	4.50	4.74	100%	4.74	11%	5.26
2	1	18.07	18.00	17.90	17.90	18.00	17.97	100%	17.95	11%	19.93
3	1	20.00	20.20	20.40	20.60	20.80	20.40	100%	20.48	0%	30.00
4	1	21.40	21.50	21.30	21.50	21.40	21.42	100%	21.42	11%	23.78
5	1	6.59	6.50	6.45	6.50	6.50	6.51	100%	6.49	11%	7.21
TOTAL(min)											86.175768

Para la recolección de la información acerca del tiempo de cada proceso se han identificado las operaciones que agregan valor al producto, operaciones que son necesarias, pero no agregan valor y actividades absolutamente innecesarias como se indica en la Fig. 54



Fig. 54 Clasificación de tiempos, transformador monofásico de 10kvas.

Actividades que agregan valor al producto; Entancado, ajuste de parte activa, colocación y ajuste de accesorios breacker, colocación y ajuste de accesorios bushing, colocación de

válvulas, vacío, llenado, hermeticidad, que corresponden al 62% del total del tiempo empleado.


Actividades que no agregan valor, pero se consideran necesarias, como el transporte de la parte activa desde el horno hasta la banda transportadora, esperas por lotes altos, este tiempo corresponde al 3% del tiempo total empleado.

Actividades innecesarias son aquellas que se consideraron un desperdicio y la posibilidad de eliminarlas o reducir las es evidente, entre las actividades son; traslados hacia bodega por materiales pequeños, traslados hacia otros lugares por herramientas, demoras por búsqueda de algún material, espera por tiempo de vacío, reprocesos por tuercas de bushing defectuosas, traslados innecesarios y corresponden al 35% del tiempo total empleado.

Estudio de tiempos N.4

Transformador Monofásico subestación auto protegido de 37.5kvas, tabla 28.

Tabla 28. Estudio de tiempos N.4(a)

ESTUDIO DE TIEMPOS ENTANCADO MONOFÁSICO											
SECCIÓN: Llenado monofásico						Estudio de tiempos N.4(a) sin sistema de abastecimiento kanban					
HERRAMIENTAS: torquímetro, llave hexagonal neumática, dados hexagonales, puente grúa, destornillador plano						OBRERO: HOMBRE	Fecha comienzo: 8/08/2017				
PRODUCTO: Transformador monofásico de 37KVA						TRABAJO MANUAL	Fecha fin: 12/08/2018				
CARACTERÍSTICAS: 37.5 Breacker sumergido y fusible de distribución						OBSERVADO POR: Tannia Ortiz					
ACTIVIDADES						TIPO					
1	Entancado					Manual					
2	Conectado					Manual					
3	Vacío					Campana de vacío					
4	Llenado					Manual					
5	Hermeticidad					Manual					
No.	CICLOS (min)					PROM(min)	V(%)	TB(min)	S(%)	TS(min)	
	1	2	3	4	5						
1	12.21	8.70	15.80	8.96	8.48	23.83	100%	13.15	11%	14.60	
2	23.76	22.00	17.93	17.03	17.83	19.71	100%	18.90	11%	20.98	
3	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	100%	20.00	0%	30.00	
4	23.30	24.69	24.79	25.05	24.49	24.46	100%	24.69	11%	27.41	
5	7.64	7.64	7.44	7.64	6.90	7.45	100%	7.42	11%	8.23	
TOTAL(min)										101.218	

Para la recolección de la información acerca del tiempo de cada proceso se han identificado las operaciones que agregan valor al producto, operaciones que son

necesarias, pero no agregan valor y actividades absolutamente innecesarias como se indica en la Fig. 55

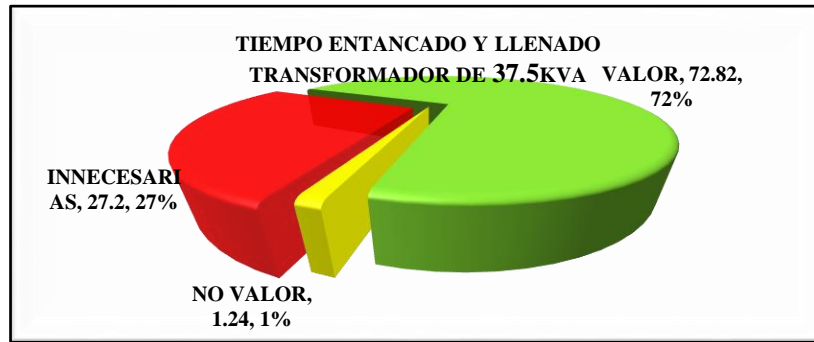


Fig. 55 Clasificación de tiempos, transformador monofásico de 37.5kvas.

Las actividades que agregan valor son aquellas que se realizan para la transformación del producto o contribuyen a las características del transformador, como conectar accesorios, ajustar pernería, sujetar la parte activa, ajustar bushing, añadir aceite, conectar válvula, realizar vacío, este tiempo corresponde al 72% del tiempo total empleado.

Actividades que no agregan valor, pero se consideran necesarias, como el transporte de la parte activa desde el horno hasta la banda transportadora, esperas por lotes altos, este tiempo corresponde al 1% del tiempo total empleado para la operación.

Actividades innecesarias son aquellas que se consideraron totalmente fuera de contexto y la posibilidad de eliminarlas o reducirlas es evidente y alta, como por ejemplo traslados hacia bodega por materiales pequeños, traslados hacia otros lugares por herramientas, demoras por búsqueda de algún material, reprocesos, este tiempo corresponde al 27% del tiempo total empleado.

Resumen de estándares por turno:

El estándar de cada transformador detallado en la tabla N.29 está tomado como referencia en un turno de trabajo de 460min.

Tabla 29. Estándares de transformadores monofásicos, de 25,50,10 y 37.5kvas(a)

PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN	PROCESO	UNIDADES	ESTANDAR ACTUAL POR TURNO
TRANSFORMADOR MONOFÁSICO SUB	25.429	Entancado y Llenado monofásico	UN	37
TRANSFORMADOR MONOFÁSICO SUB	50.386	Entancado y Llenado monofásico	UN	32
TRANSFORMADOR MONOFÁSICO SUB	10.382	Entancado y Llenado monofásico	UN	43
TRANSFORMADOR MONOFÁSICO SUB	37.426	Entancado y Llenado monofásico	UN	36

Estudio de tiempos

Entancado línea de trifásicos

En el área de Entancado Trifásicos se fabrican todos los transformadores que van dentro de un tanque tipo pedestal, como se observa en la Fig. 56, se trata de un transformador de una sola fase (monofásico) tipo Padmounted auto protegido, se ha escogido este transformador porque es uno de los más vendidos, hay disponibilidad en planta para levantar información, contiene varios accesorios.

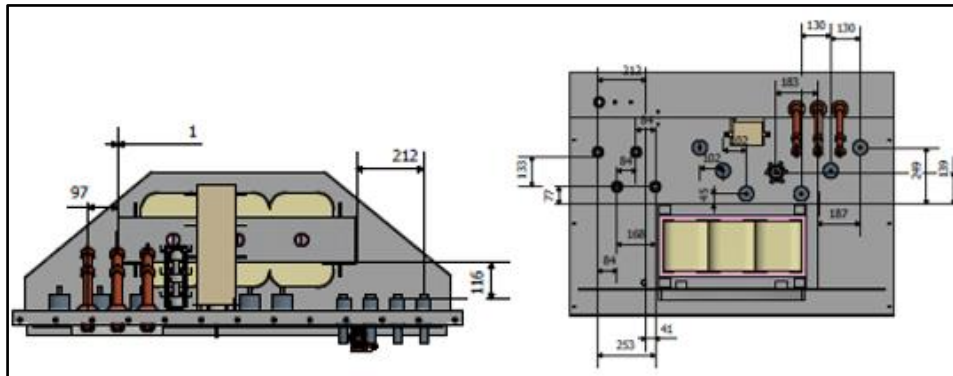


Fig. 56 Características transformador.

FASE: MONOFÁSICO
 MONOFÁSICO-
 TIPO PADMOUNTED
 POTENCIA: 37.5

Estudio de tiempos sin la instalación del sistema de abastecimiento Kanban

Como se puede apreciar en el cursograma Anexos 9.1 y 9.2 solo basta pasar un simple vistazo para conocer la cantidad de tiempo que un operario de necesarias 31 operaciones productivas, 3 transportes, 1 inspección de calidad y 25 demoras improductivas.

Tabla 30 resumen cursograma Estudio de Tiempos (anterior)





Simbología	Actividad	Cantidad	Tiempo
	Operaciones	31	126.65
	Transporte	3	7.12
	Inspección	1	4.5
	Demora	25	112.8
TOTAL		60	251.07

Tabla 31 Actividades producción Entancado (anterior)

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	
Producto: Transformador Monofásico Padmounted Operación: Entancado Estudio No. 5	
A	<i>Colocación de válvulas de alivio y de Nitrógeno</i> Para realizar esta actividad es necesario limpiar la superficie debido a que por procesos de granallado y pintura, previamente se tiene que cubrir todos los orificios y espárragos con masking para evitar el daño de estos, si no se cubren antes de granallado se pierde la rosca
B	<i>Colocación llave de drenaje</i> Se limpia la superficie y se retira el masking, se coloca teflón permatex y se ajusta la llave al tanque
D	<i>Colocación de visor de aceite</i> Para la colocación de este instrumento de medición se necesita limpiar la superficie y se realiza con pernería de sujeción
E	<i>Quita chispas</i> Esta actividad es innecesaria, no sucede con frecuencia y se debe a un error de la persona que preparó el tanque para pintura, en este proceso deberían haber retirado las chispas adheridas por soldadura
F	<i>Elaboración empaque</i> Se fabrica un empaque para el sellado del tanque utilizando caucho circular y se adhiere al tanque
G	<i>Elaboración de conectores</i> Se elaboran conectores constituidos por alambres y terminales que servirán de conexión malla interna.
H	<i>Colocación de accesorios externos de bushings</i> Se colocan accesorios utilizando juegos de pernerías
I	<i>preparación de bayonetas</i> Se inserta un fusible en las tres bayonetas que serán ubicadas en el transformador
J	<i>Entancado</i> Se inserta la parte activa dentro del tanque.
K	<i>Conecta Load Breacker</i> Se realiza el conectado de load breacker de protección del transformador, lleva accesorios externo.
L	<i>Ajuste de tornillo tipo B</i> Ajuste del tornillo para conexión a tierra en el marco de la parte activa
M	<i>Colocación y sujeción tapa.</i> Sellar la tapa al tanque con el empaque y elementos de sujeción

Tabla 32 Cálculo del tiempo Estándar (anterior)

CALCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR				
OPERACIÓN ESTUDIO:	Entancado abastecimiento tradicional (anterior)			
	T. Básico	251:04	04:11	
		Min	horas	
Suplementos por descanso				
Trabajador: hombre				
Constantes				
	Necesidades Personales	5%	12:33	min
	Fatiga	4%	10:02	min
Variables:				
	Trabajo de pie	2%	05:01	min
Suplemento por descanso			27:36	min
Tiempo estándar: Entancado(min)			278:16	min
Tiempo estándar: Entancado(horas)			4:38	horas

Una vez conocida la situación actual se continúa con la implementación del sistema, es siguiente paso es conocer la cantidad de materiales que se consume en planta.

Elaborado por: Tannia Ortiz

Revisado por:

Aprobado por:

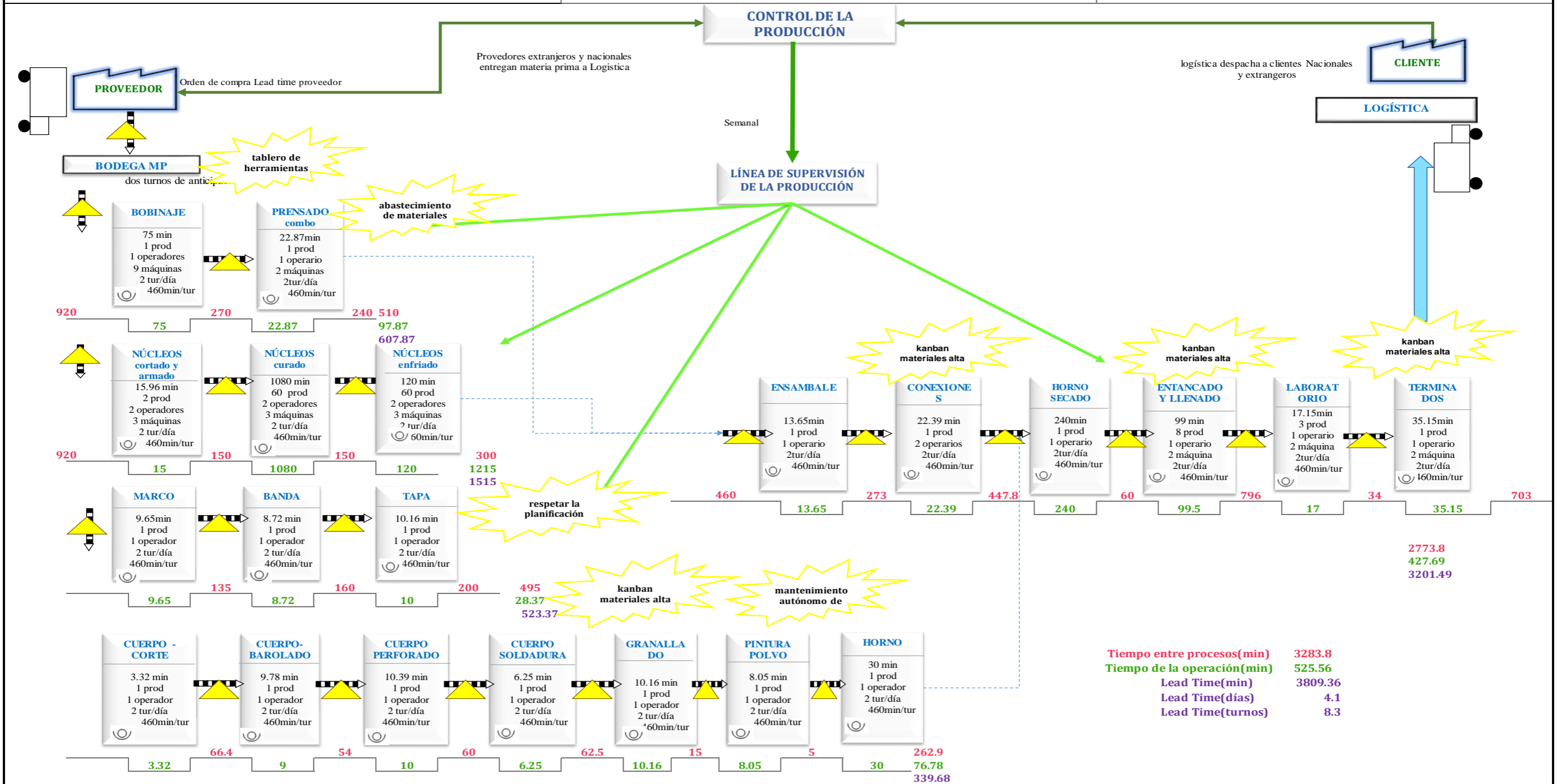


Fig. 57 VSM transformador monofásico 25KVA (anterior)

Elaborado por: Tannia Ortiz

Revisado por:

Aprobado por:

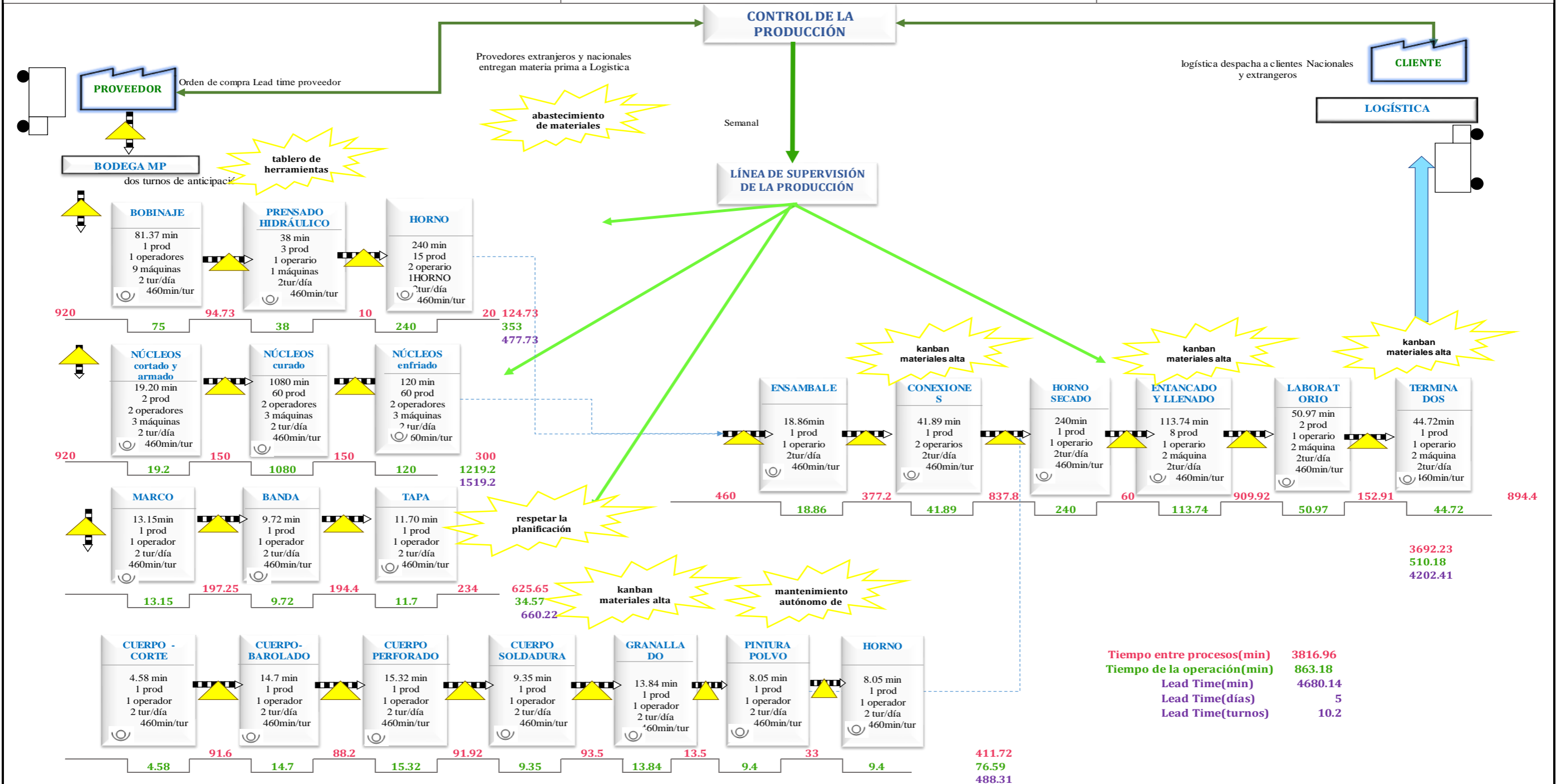


Fig. 58 VSM transformador monofásico 50KVA (anterior)

Elaborado por: Tannia Ortiz

Revisado por:

Aprobado por:

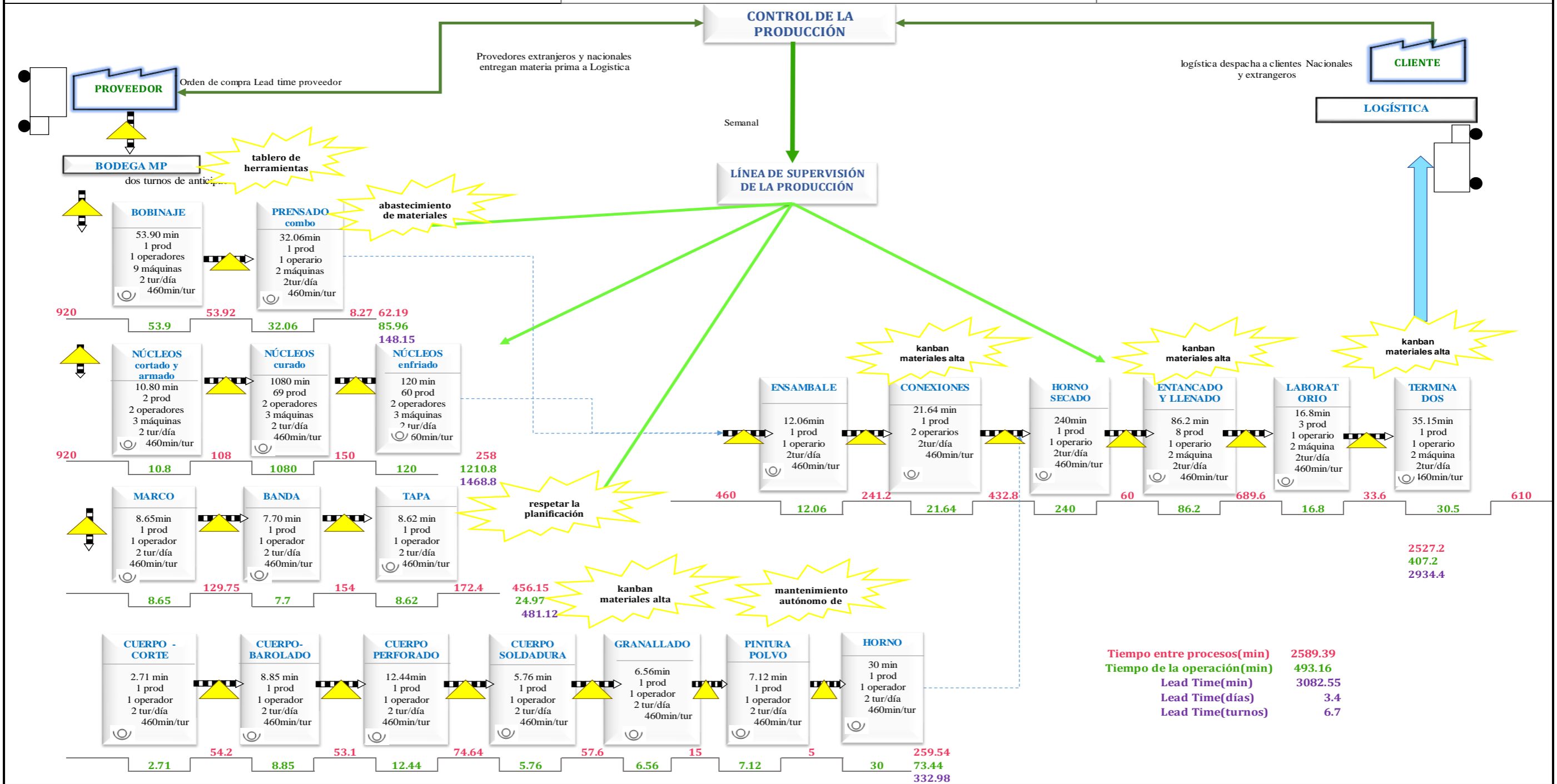


Fig. 59 VSM transformador monofásico 10KVA (anterior)

Elaborado por:

Revisado por:

Aprobado por:

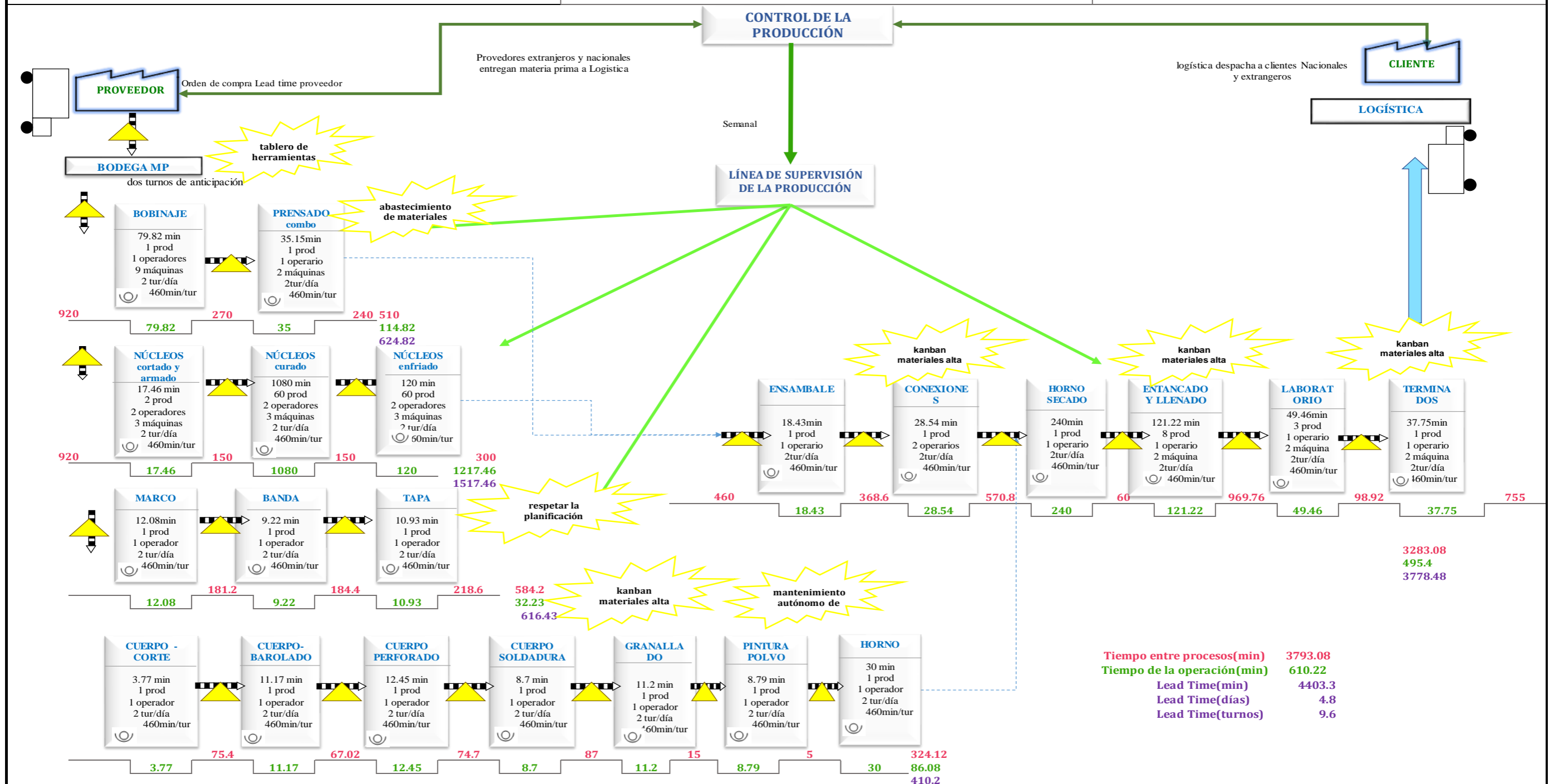


Fig. 60 VSM transformador monofásico 37.5KVA (anterior)

4.16.1 Cantidad de Materiales

Cantidad de materiales Kanban.- Primero se realizó el levantamiento de la información requerida en la planta, observando el proceso directamente, consultando medidas de longitud, material de constitución de cada elemento, y cantidades utilizadas en cada conexión, se verificó la unidad de paquetes que llevan desde proveduría y se analizó físicamente la cantidad que alcanzaba cada material en dos contenedores, mientras que en el sistema se realizó un análisis considerando el lead time de cada material la cantidad máxima y mínima para cada uno de los materiales tomando como referencia la cantidad que se tenía en ese entonces. Tomando las cantidades que bodega había entregado a la planta comparadas con las que la planta había notificado como material consumido, comparando cada material se obtiene una cantidad adecuada, de la siguiente forma:

Entradas. - Se refiere a la cantidad entregada por parte de bodega

Salidas. - Es la cantidad que los supervisores notificaron en el sistema ERP como material consumido.

Entonces se realiza un análisis intuitivo y cantidades con mayor desfase no se tomaría como referencia real, es decir se evidenciaba la falta de control que se tiene con los materiales.

Tabla 33 Cantidad diaria de consumo real vs sistema perno galvanizado 1/2" x 3/4" [18]

MES	ENTRADAS	SALIDAS	Días laborados	Unidades liberadas	Entradas	Salidas
ENERO	2851	2804	22	39.63	129.59	127.45
FEBRERO	3572	3636	19	54.39	188.00	191.37
MARZO	3793	3343	23	52.6	164.91	145.35
ABRIL	4548	3839	20	56.21	227.40	191.95
MAYO	4533	3898	22	69.99	206.05	177.18
Total general	19297	17520				

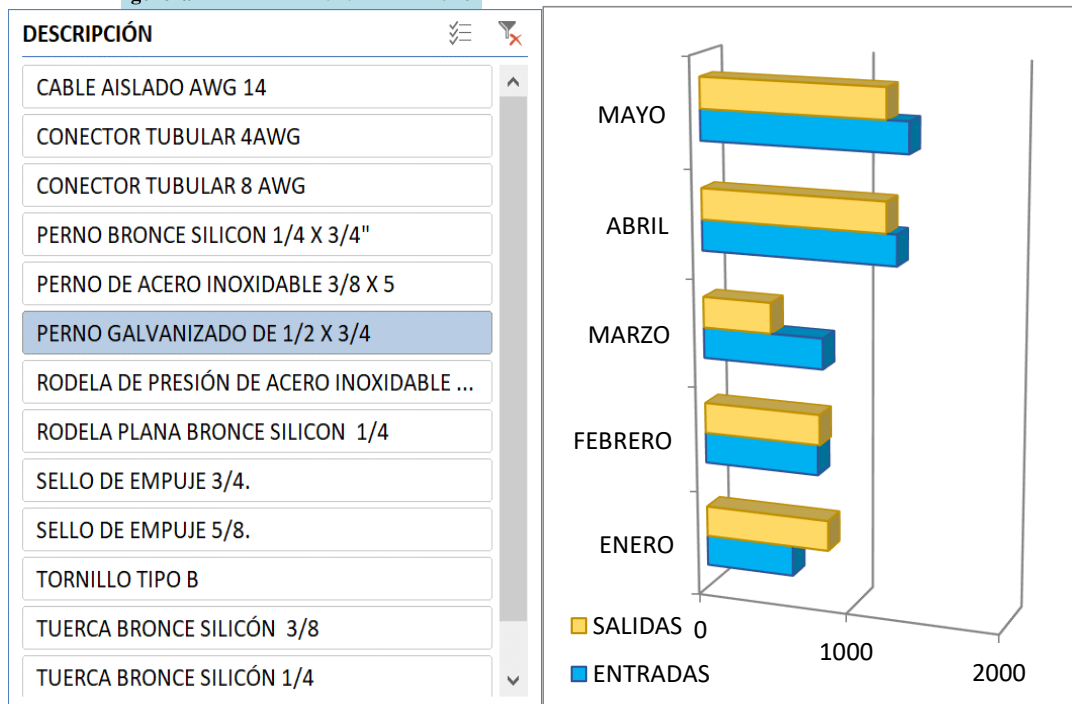
La tabla 33 indica la cantidad del material; perno galvanizado 1/2" x 3/4", que es consumido realmente frente a la cantidad que se ha declarado o notificado en el sistema ERP, la columna Entradas, se refiere a la cantidad de compra que se notifica en el sistema ERP, mientras que la columna Salidas.- es la cantidad de material que se entrega a planta para el consumo, esta información es proporcionada por el sistema ERP Siesa, se encuentran las cantidades por meses, en las columnas de la derecha se realiza un cálculo de acuerdo a los días de producción de cada mes y con la información de la cantidad de unidades liberadas (transformadores fabricados) se obtiene un promedio diario, este dato también nos ayuda a tener un enfoque final de cantidades probables de consumo. Este parámetro

fue analizado uno por uno cada material en particular para ver la coherencia de la información.

Debido a la gran cantidad de información por materiales proporcionada por el Sistema ERP se realiza el análisis utilizando tablas dinámicas, verificando la veracidad y proporcionalidad de cada cantidad ingresado o adquirido (ENTRADA) comparada con la cantidad utilizada (SALIDA) en cada orden de trabajo, mediante este análisis podemos observar que existen ciertos desfases en algunos materiales, pues hay demasiada diferencia entre la cantidad que ingresa versus la consumida en planta, como se puede apreciar dentro de la investigación se van descifrando varias problemáticas que permanecieron ocultas debido a la falta de control y exceso de inventario.

Tabla 34. Entradas y salidas materiales de sujeción [18].

MES	ENTRADAS	SALIDAS	Días laborados	Unidades liberadas	COMPR A	USADO PLANTA
					Entradas	Salidas
ENERO	2851	2804	22	39.63	129.59	127.45
FEBRERO	3572	3636	19	54.39	188.00	191.37
MARZO	3793	3343	23	52.6	164.91	145.35
ABRIL	4548	3839	20	56.21	227.40	191.95
MAYO	4533	3898	22	69.99	206.05	177.18
Total general	19297	17520				



A continuación, se detalla el cálculo de mínimos y máximos para cada material a nivel macro y en cada sitio de trabajo.

Tabla 35. Cálculo de stock mínimo y máximo tornillo tipo B

TORNILLO TIPO B		
Unidades proyectadas	75	U
Consumo por unidad	1	U
Consumo proyectado	75	U/día
Existencia Actual	3230	U
Tiempo de reposición	8	días
Precio unitario	0.04	usd
Días a cubrir	22	días
Stock mínimo	600	U
Stock máximo	2250	U
Ahorro	39.20	usd
Reducción inventario	30%	

Las variables calculadas son las siguientes:

Datos:

Unidades proyectadas= 75u.

Consumo de elemento por unidad=1u.

Existencia Actual= 3230u.

Tiempo de reposición(proveedor)=8días.

Precio Unitario=0.04usd.

Días a cubrir=22días.

Tomando en cuenta que el objetivo es disminuir el inventario, se establece un stock mínimo para cada material, para el cálculo del stock mínimo se emplea la ecuación (2)

$$I_{min} = Cdp * Ps \quad (3)$$

$$Stock \ min = unidades \ proyectadas * tiempo \ de \ reposición$$

$$Stock \ min = 75 * 8días$$

$$Stock \ mín = 600 \ unidades$$

El stock máximo se calcula utilizando la ecuación (3)

$$I_{max} = (I_{mín} + (Cpd * T)) \quad (3)$$

$$Stock \ máx = Stock \ min + (unidades \ proyectadas * tiempo \ a \ cubrir)$$

$$Stock \ máx = 600u + (75 * 22)$$

$$Stock \ máx = 2250u.$$

El establecimiento de nuevos límites para la adquisición de materiales permite que se tenga una mejora en cuanto a disminución de inventario, por material, se obtiene mediante la ecuación (8)

$$\text{Reducción inventario}(\%) = 1 - \left(\frac{\text{Stock máximo}}{\text{Existencia actual}} \right) \% \quad (8)$$

$$\text{Reducción inventario}(\%) = 1 - \left(\frac{2250u}{3230u} \right) \%$$

$$\text{Reducción inventario}(\%) = 30\%$$

Ahorro existente en dinero se obtiene debido a la disminución de la cantidad de pedido del material, este ahorro lo conocemos mediante la ecuación (9)

$$\text{Ahorro}(\$) = (\text{Existencia actual} - \text{Stock máx}) * \text{Precio unitario} \quad (9)$$

$$\text{Ahorro}(\$) = (3230u - 2250u) * 0.04\text{usd}$$

$$\text{Ahorro}(\$) = 39.20\text{usd}$$

Tabla 36. Cálculo de stock mínimo y máximo Perno 1/2"x 3/4"

PERNO 1/2 X 3/4		
Unidades proyectadas	75	U
Consumo por unidad	3	U
Consumo proyectado	225	U/día
Existencia Actual	4725	U
Tiempo de reposición	8	días
Precio unitario	0.12	usd
Consumo máximo	61.6	U
Días a cubrir	10	días
Stock mínimo	2004	U
Stock máximo	4509	U
Ahorro	25.92	usd
Reducción inventario	5%	

Las variables calculadas son las siguientes:

Datos:

Unidades proyectadas= 75u.

Consumo de elemento por unidad=3u.

Existencia Actual= 4725u.

Tiempo de reposición(proveedor)=8días.

Precio Unitario=0.12usd.

Días a cubrir=10días.

Tomando en cuenta que el objetivo es disminuir el inventario, se establece un stock mínimo para cada material, para el cálculo del stock mínimo se emplea la ecuación (2)

$$I_{\min} = Cdp * Ps \quad (2)$$

$$Stock \min = unidades \ proyectadas * tiempo \ de \ reposición$$

$$Stock \min = 225 * 8 \text{días}$$

$$Stock \min = 1800 \text{ unidades}$$

El stock máximo se calcula utilizando la ecuación (3)

$$I_{\max} = (I_{\min} + (Cpd * T)) \quad (3)$$

$$Stock \ máx = Stock \ min + (unidades \ proyectadas * tiempo \ a \ cubrir)$$

$$Stock \ máx = 1800u + (225 * 10)$$

$$Stock \ máx = 4050u$$

El establecimiento de nuevos límites para la adquisición de materiales permite que se tenga una mejora en cuanto a disminución de inventario, por material, se obtiene mediante la ecuación (8)

$$Reducción \ inventario(\%) = 1 - \left(\frac{Stock \ máximo}{Existencia \ actual} \right) \% \quad (8)$$

$$Reducción \ inventario(\%) = 1 - \left(\frac{4050u}{4725u} \right)$$

$$Reducción \ inventario(\%) = 14\%$$

Ahorro existente en dinero se obtiene debido a la disminución de la cantidad de pedido del material, este ahorro lo conocemos mediante la ecuación (9)

$$Ahorro(\$) = (Existencia \ actual - Stock \ máx) * Precio \ unitario \quad (9)$$

$$Ahorro(\$) = (4725u - 4050u) * 0.12 \text{usd}$$

$$Ahorro(\$) = 81 \text{usd}$$

Cantidad física en cada contenedor.

Previo al análisis de cantidades se investigó en el mercado que materiales se disponían para el sistema Kanban adecuado y se encontró lo siguiente, Fig. 61:



Fig. 61 Cajoneras plásticas Kanban [18].

Dos contenedores que son adquiridas para a almacenar material de acuerdo al tamaño de cada uno. En cada uno se probó la cantidad de packs que el proveedor entrega, con el objetivo de conocer la capacidad física de almacenamiento cada uno con respecto al material.

4.17 Identificación de puestos de Kanban en la Planta.

Se establecieron sitios adecuados cercanos a cada operación donde se contará con una persona (abastecedor) realiza un acercamiento a cada sitio de trabajo donde va comprobando los materiales que hacen falta y la cantidad necesaria, con la ayuda de los registros elaborados para el Kanban y la trazabilidad de cada contenedor plástico en el caso de pernería, de la misma forma para los stickers, debe verificar cantidades de paquetes, recorre los siguientes puestos. CT1, LM1, LM2, LM3, LT1, ST, SM como se muestra en la Fig. 62.

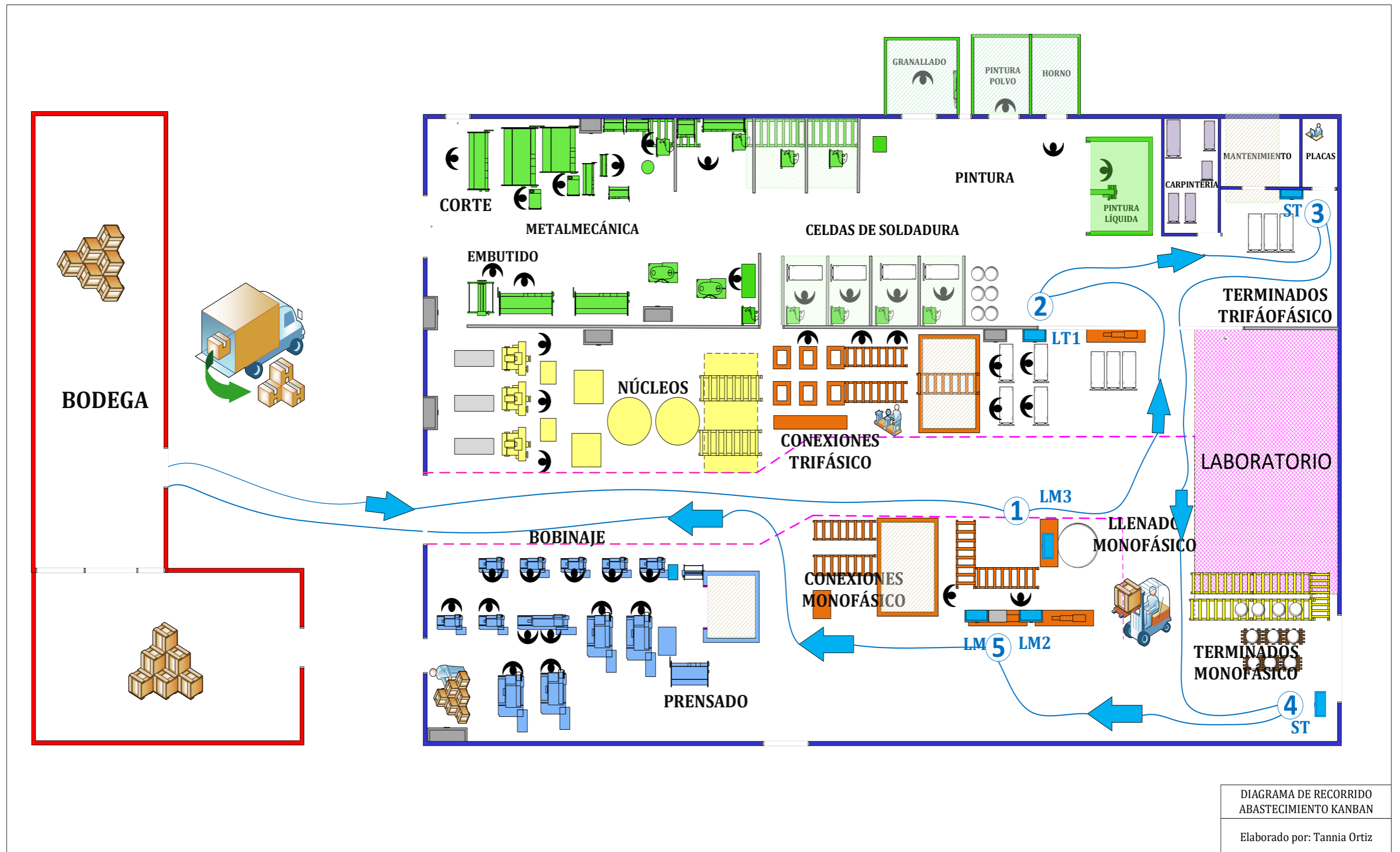


Fig. 62 Diagrama de Recorrido KANBAN–Layout de la planta [18].

Diagrama de recorrido abastecedor.

En la Fig. 62 se muestra la trayectoria que debe seguir el abastecedor para surtir de materiales necesarios para la fabricación de transformadores, se realiza un recorrido recogiendo gavetas vacías y transportándolas con el coche de abastecimiento Kanban hacia bodega, sitio en donde se suministrará de material indicado en la cantidad indicada como se muestra en la Fig. 81. De esta manera estamos aplicando la teoría de Taiichi Ohno quien en su libro titulado El sistema de producción Toyota redacta que el “Kanban es el medio utilizado para comunicar la adquisición o recepción del pedido” [1]. Cada gaveta contiene un rótulo donde indica la trazabilidad (ubicación), la cantidad a abastecer, y la descripción del material con código y referencia para evitar confusiones. Una vez con la información receptada (gavetas) se abastece del material para luego surtirlo dentro de la planta según indica el diagrama de recorrido. Los puestos a proveer son;

- ❖ Primero. - Inicia por la sección Llenado Monofásico, coloca gavetas con el material en la estantería Llenado monofásico 3 (LM3).
- ❖ Segundo. - Se dirige hacia Llenado trifásico (LT1) y coloca gavetas en el sitio asignado.
- ❖ Tercero. - Se traslada hacia stickers trifásico ubicado en el área de Terminados Trifásico y abastece de stickers.
- ❖ Cuarto. – Se dirige hacia stickers monofásicos y se colocan en la percha. (ST)

Esta trayectoria se la analiza en base a la disposición de la planta y espacios para transporte de materiales establecidos.

- ❖ Quinto. - Se dirige hacia los puestos LM1 LM2 abastecer del material adecuado en los sitios establecidos.

Importante: el abastecimiento está diseñado para colocar material desde la parte posterior sin interrumpir las operaciones en planta, se realiza con la ayuda del instructivo de trabajo en el Anexo 6.2 y siguiendo la trayectoria que indica el diagrama de recorrido Fig. 62.

Conexiones trifásicas 1 CT, Área asignada para realizar las conexiones de alta y baja tensión, colocación de cambiador, conectado de alargues y si es el caso, conectado de breacker, colocación de aislamientos; cartones entre bobina-marco y tubos de papel café en los taps o terminales, realizar perforaciones en los extremos de los taps para adaptación a bushing de protección eléctrica para transformadores auto protegidos, el objetivo es acondicionar la parte activa para insertarla en el tanque. Fig. 63.



Fig. 63 Conexiones trifásicas [18].

Llenado trifásico 1 LT1, Lugar designado para el Entancado de la parte activa, realizar la conexión de accesorios al tanque y conexiones según el diseño eléctrico, así como de realizar vacío de presión y llenado de aceite. Fig.64.

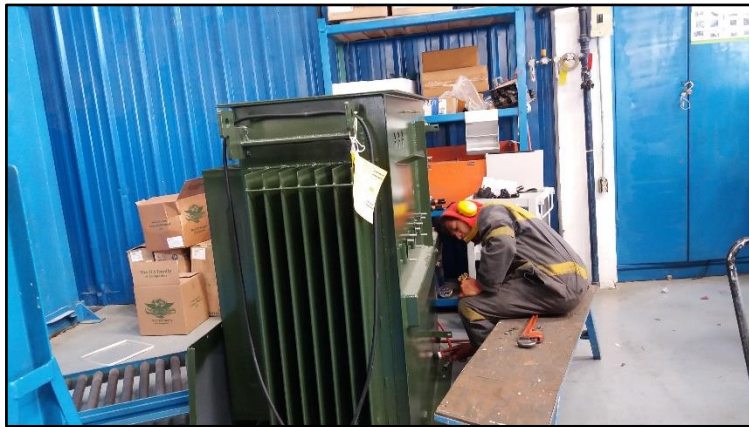


Fig. 64 Llenado trifásico 1 [18].

Llenado monofásico 1 LM1, Es el sitio establecido para Entancar la parte activa, colocar el (conjunto núcleo-bobina) dentro del tanque, también se realiza la sujeción y ajuste de accesorios en el tanque, colocación de aislamiento interno (papel craft). Fig. 65.



Fig. 65 Llenado Monofásico 1 [18]

Llenado monofásico 2 LM2, en este sitio se realizan las conexiones internas y externas de accesorios, colocación de tapa, bushing y tierra que se encuentran en la parte superior, hermetizan el tanque y realizan el proceso de vacío con el objetivo de eliminar humedad de la bobina que podría causar algún cortocircuito, una vez transcurrido el tiempo establecido por el área de ingeniería de procesos inicia el llenado de aceite dieléctrico, realizan limpieza del tanque y se realizan una prueba de hermeticidad utilizando alcohol industrial y talco para detectar posibles fugas. Fig. 66.



Fig. 66 Llenado Monofásico 3 [18].

Llenado monofásico 3 LM3, Es el sitio en donde se realiza el acondicionamiento de tapa y bushing de alta, fusible para transformadores monofásicos. Fig. 67.



Fig. 67 Llenado Monofásico 3 [18].

Stickers Trifásicos ST, Se encuentra ubicado en el área de terminados, donde finaliza la colocación de accesorios como pallets, placa de especificaciones, stickers, para transformadores trifásicos, petroleros, Padmounted. Fig. 68.



Fig. 68 Stickers Trifásicos [18].

Stickers Monofásicos SM, Área de terminados de transformadores monofásicos, donde se adecuan los accesorios exteriores finales en el transformador. Ajuste de protecciones externas, colocación de stickers, colocación de placa, conexión de bushing de alta al pararrayo, y revisión de calidad final Fig. 69.



Fig. 69 Stickers Monofásicos [18].

Sistema de abastecimiento *Kanban*

El método de trabajo *kanban* será el siguiente; Se cuentan con cajas identificadas para cada material. Cuando el "cliente" consume esta caja, la etiqueta *Kanban* es reenviada al "proveedor" y así actúa como un orden de pedido para éste. Durante este tiempo, el "cliente" va a consumir otra caja que fue suministrada de la misma manera, y esto, en ciclos. Esto permite un ajuste de los stocks, como se dinamiza en la Fig. 70.



Fig. 70 Stickers Monofásicos [18].

Una persona realizará el abastecimiento de materiales, será responsable de revisar los sitios de abastecimiento, comprobar cantidades y abastecer desde la bodega según requerimientos, de igual forma será responsable de mantener el funcionamiento del sistema, es quien debe controlar que las reglas difundidas al personal se mantengan en planta y quien llevará el registro de los materiales abastecidos.

Prueba piloto.

Previo a la instalación del sistema *kanban* completo, se realizó un plan piloto que consistía en efectuar el abastecimiento de stickers monofásicos, debido a la problemática presente en el área de terminados, donde a causa de la falta de control de stickers entregados por bodega, excesiva presencia de adhesivos y stickers que no eran necesarios, mientras que faltaban los necesarios, el personal se desplazaba constantemente en búsqueda de estos elementos importantes para el producto final.

El plan piloto se lo realizó para los stickers monofásicos.

a) Investigación en planta, se realizó el levantamiento de la información sobre qué tipo de transformadores y que stickers llevan dichos transformadores, la decisión sobre que stickers deben ir en el sistema va de acuerdo a los siguientes criterios:

- Colocar los stickers de mayor demanda, terminales H y X, Potencias más vendidas monofásicos, y los stickers que son comunes entre todos los transformadores.

Tabla 37. Detalle de elementos stickers monofásicos [18].

DETALLE	ITEM	REFERENCIA
H1	2219	R-22020102
H2		
X1		
X2		
X3		
10		

15		
25		
50		
37.5	2219	R-22020102
75		
100		
ADHESIVO ACEITE LIBRE PCBS	2242	R-22020154
ADHESIVO CÍRCULO VERDE ECOLÓGICO	2244	R-22020158
ADHESIVO CAMBIADOR	2253	R-22020181
INSTRUCTIVO INSTALACIÓN Y MONTAJE	2285	R-22020260
INSTRUCTIVO PARA USO DEL TRANSFORMADOR	2287	R-22020262
LOGO ECUATRAN TRIFÁSICO POSTE	21646	R-22020242

- a) **Terminales.** - H, X: Identificación de los terminales de salida de un transformador, las letras H identifican a las protecciones de alta, mientras que las x a las protecciones de baja, como se puede apreciar en la Fig.71.



Fig. 71 Stickers X y H [18].

- b) **Potencias.** - 10, 15, 25, 50, 37.5, 75,100: Identificación de la potencia del transformador.
- c) **Logo Ecuatran,** marca Ecuatran S.A.
- d) **Adhesivo aceite libre de PCBs.** - Letrero que indica que el aceite con el que se llena el transformador para su refrigeración y aislamiento, está libre de Bifenilo Policlorado que es un compuesto considerado tóxico.
- e) **Logo Verde.** - Es un adhesivo indicador de la fabricación de transformadores ecológicos sumergidos en aceite 100% vegetal q elimina el riesgo de contaminación ambiental por derrame.
- f) **Operación del cambiador.** - Adhesivo de instrucciones para operación del cambiador.
- g) **Instrucciones para uso del transformador.** - Adhesivo que indica las instrucciones que debe seguir el usuario para el uso de un transformador.

h) Instrucciones para montaje del transformador. - Cartilla plastificada que indica al cliente el procedimiento para el montaje del transformador.

b) Diseño de un bosquejo de la disposición de stickers monofásicos.

Se realizó el boceto de la disposición de todos los elementos de acuerdo a sus dimensiones como se indica en el Anexo 2.

c) Diseño, Se le entrega al área de diseño la idea junto con las medidas y el bosquejo para que realice el diseño asistido por computador, se observa el diseño principal del mueble percha stickers monofásicos en la Fig. 72.

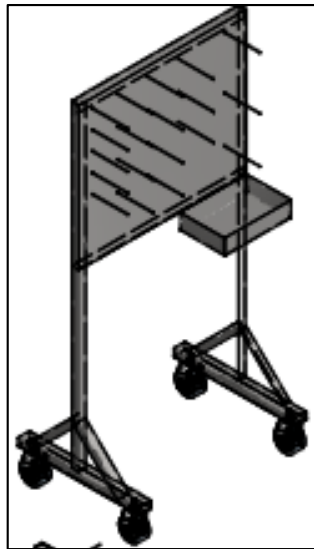


Fig. 72 Diseño percha stickers monofásicos.

d) Realización de orden de trabajo. - El área de planificación se encarga de realizar la orden de trabajo en el sistema ERP y de dar el seguimiento en planta mediante el método de semaforización priorizando la entrega de productos al cliente (transformadores).

e) Construcción. – Una vez realizada la orden de trabajo y el diseño, fueron entregados al supervisor de metalmecánica para la construcción de la percha, pasando por los procesos de Corte, Doblado, soldadura, Granallado y pintura.

El costo de esta estantería la consultamos en el sistema ERP \$11.00

f) Negociación con proveduría. – Se tuvo un diálogo con el proveedor de stickers para cambiar la forma de entrega de stickers que en ese entonces se realizaba en paquetes envueltos en ligas o masking y sin mayor control, la solicitud actual era que entregue en fundas en paquetes de 50 unidades cada uno, con el objetivo de que sean manejables e insertables en la percha kanban de stickers, este requerimiento fue aceptado sin costo adicional. El material que se lo tenía almacenado en la bodega y en planta se lo empaquetó

y utilizó en la percha e paquetes de 50 unidades, en la Fig. 73 se puede evidenciar el material suelto.



Fig. 73 almacenamiento stickers monofásicos (Antes)

g) Instalación. - Se instala la percha en el área de terminados monofásicos y se coloca la cantidad calculada inventario para 2 días según la producción 2 paquetes que contienen 50 stickers cada uno.

Para la instalación se elaboraron paquetes de 50 unidades con el stock que se encontraba en bodega y se ubicaron 3 paquetes de cada stickers en la percha, esa cantidad era suficiente para mitigar transportes innecesarios durante 2 días, con esta actividad se pudo evidenciar la falta de control que se tenía con estos insumos, debido a que había exceso del material en planta en distintos sitio, se encontraba en desorden en varias estanterías en terminados trifásicos y terminados monofásicos, y en una funda debajo de una máquina laser para elaboración de placas, la cantidad se obtiene al aplicar a ecuación (10).

Cantidad de transformadores monofásicos al día: 70

$$stock SM = 70u * 2días \quad (10)$$

$$stock SM = 140u \text{ al día}$$

Entonces se determinó que la cantidad para cada stickers es de 150, por el tipo de almacenamiento del producto, paquetes de 50 unidades cada uno, 3 paquetes.

De acuerdo a esto se decide abastecer de 150 stickers al día. En la Fig. 74 y Fig.75 se puede observar la mejora físicamente.



Fig. 74 (Antes) stickers monofásicos [18].



Fig. 75 (Después) stickers monofásicos [18].

Cuando se realizó la instalación de este mueble se consiguió orden del área de terminados, se realizó una clasificación de materiales, se contabilizó las cantidades encontradas, se evidenció la presencia de stickers desactualizados; stickers con modelos que ya fueron sustituidos y actualizados y stickers que ya no eran útiles debido a la presencia de polvo que durante el tiempo que ha permanecido en planta se habían deteriorado ya no se encontraban en condiciones de utilizarse en un transformador, la clasificación de materiales útiles se realizó en paquetes de 50 unidades y se dispuso en la percha como se observa en la Fig. 75 de acuerdo al stock calculado en la ecuación (10)

Una vez instalada la percha, el funcionamiento progresó de acuerdo a los objetivos planteados, el personal tenía los stickers necesarios en el momento justo, se mejoró el orden

del área, se pueden conservar los stickers por más tiempo ya que se encuentran en paquetes asegurando de esta manera la calidad y durabilidad del producto, el consumo es diario, de esta forma afianzamos el gasto de los artículos que ingresaron primero se consumirán primero solidificando la estrategia FIFO planteada inicialmente. La percha tiene trazabilidad de producto Fig. 76, se ha señalado la identificación del sitio donde debe ir cada sticker, con el objetivo de facilitar el trabajo del abastecedor y sea una táctica visual de abastecimiento.



Fig. 76 trazabilidad stickers [18].

pero surgió una nueva necesidad, la solicitud se originó en el área de terminados trifásico por parte de los operarios; realizar el mismo proyecto en el área de terminados monofásicos, las personas de terminados al ver los materiales similares en lugar de ir a bodega como lo hacían anteriormente, ahora tomaban lo que necesitaban de la percha de stickers monofásicos, iniciando nuevamente una inconformidad por tal motivo la gerencia aprueba la elaboración de la percha de stickers trifásicos, proyecto que previamente ya se lo habría analizado por los similares problemas de las dos áreas que comparten las mismas actividades para transformadores de distintas características.

h) Capacitación. - Seguido de la instalación se realizó una capacitación al personal de bodega, quienes serían los responsables del abastecimiento de stickers desde ese entonces, se le entregó un registro como se muestra en el Anexo 5. en donde llenaría diariamente la cantidad que se ha repuesto y al tratarse de un método muy visual también sería el responsable de alertar a bodega que ya se acerca al límite mínimo de stock para realizar otra solicitud de compra.

En el Anexo 6 se puede evidenciar un registro con los nombres de los responsables quienes serían los usuarios directos del sistema, además se entregó un instructivo como se puede observar en el Anexo 7 se muestran las firmas de capacitación del personal operativo.

i) Seguimiento. - Finalmente se dio seguimiento al abastecimiento durante dos semanas. Luego de la apreciación positiva y con los resultados obtenidos al disminuir los traslados del

personal se decide implementar el mismo concepto para los stickers de la línea trifásicos y materiales de sujeción de alta rotación (pernería). El procedimiento empieza nuevamente, desde el| diseño.

Diseño.

Como ya se tiene un previo análisis de cantidades, elementos de sujeción, cajas contenedoras y áreas según requerimientos dentro de la planta, se elabora una maqueta para probar la estructura físicamente junto con las cajoneras de plásticos que se tenía analizado comprar.

Fig. 77.



Fig. 77 Maqueta estructura.

Gracias a este ejercicio pudimos constatar que la estructura era estable para las cajoneras y se decidió ejecutar el plan, es decir se inicia el diseño para la construcción de las estanterías siguiendo la maqueta modelo.

Se diseña en papel bocetos que son entregados al área de ingeniería quienes serían los encargados de plasmar en diseño asistido por computador toda la infraestructura necesaria para el sistema de abastecimiento kanban, como se puede apreciar todos los recursos son de la empresa, se optimizan recursos desde el diseño Fig.78 hasta la instalación con un costo mínimo. Ver anexos 7.

Construcción.

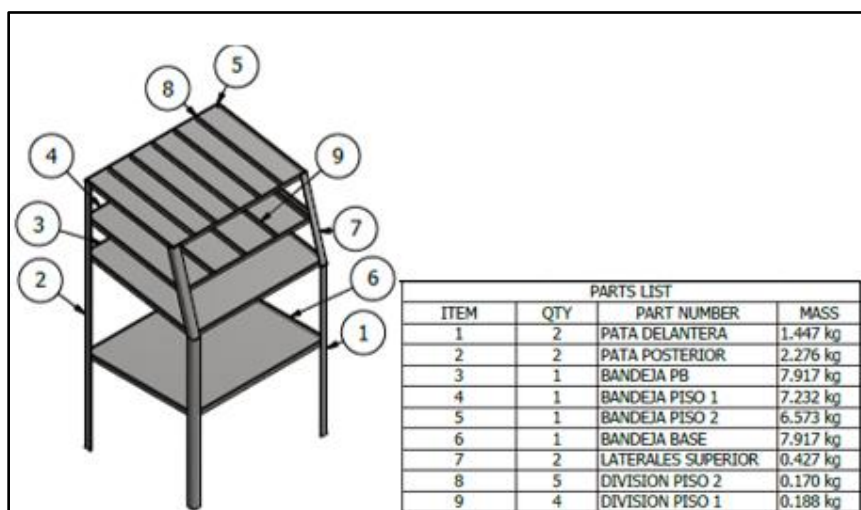


Fig. 78. Diseño estanterías [18].

Una vez diseñada toda la infraestructura, estos diseños son entregados al área de planificación quienes buscan un espacio dentro de su plan de producción, cabe mencionar que el material que ha utilizado se originan de retazos sobrantes de la producción de transformadores, es decir se optimiza el material de desperdicio que se tenía en almacenamiento. La construcción se realizó en el área de metalmecánica con los siguientes procesos. Corte, doblado, soldado, esmerilado, granallado y pintura, en la Fig. 79 se observa claramente dos muebles en el proceso de metalmecánica ya una vez soldados los elementos a puertas de granallado.

Tabla 38. Órdenes de producción estanterías.

Descripción	Ítem	Orden	Estado	Fecha de entrega
LM1	27775	PMR 162	ENTREGADO	01/09/2017
LM3	27776	PMR 163	ENTREGADO	01/09/2017
COCHE	27878	PMR 165	ENTREGADO	28/08/2017
LM2	28247	PMR 180	ENTREGADO	15/09/2017
TRIFÁSICO	28382	PMR 181	ENTREGADO	10/10/2017



Fig. 79 Construcción estanterías en el área de Metalmecánica

Mientras se construía las estanterías se realiza la construcción de los rótulos las cajoneras, mismos que serán considerados como tarjetas Kanban, artículos de gran importancia para la trazabilidad de los materiales, estas placas se elaboraron en la máquina Láser de la compañía, con material reciclado como se puede apreciar en la Fig. 80.

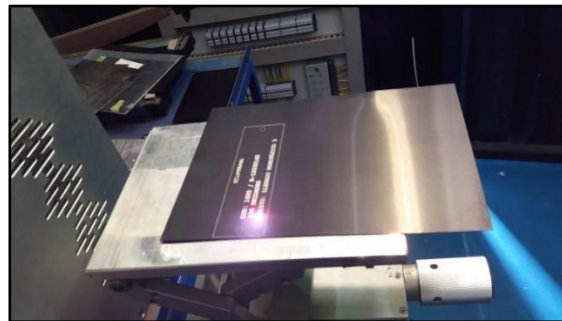


Fig. 80 Elaboración de placas de identificación Kanban.

La información de las tarjetas servirá de guía para el abastecimiento porque indican la cantidad del material que debe ser abastecido, y será una pauta para el operario para asegurar el orden de los materiales en la estantería además de las letras de ubicación en la estantería como este caso D7, significa que irá ubicado en la fila D y en la columna número siete además de estar el puesto de ubicación de la gaveta que es la sección donde se encuentra como indica la Fig. 81:



Fig. 81 Placa Kanban.

Trazabilidad:

- ❖ Descripción del material
- ❖ Cód.: contiene el Ítem y la Referencia
- ❖ Cantidad en unidades
- ❖ Ubicación física

Es muy importante la trazabilidad debido a que funcionará como tarjeta Kanban de materiales dentro del sistema de abastecimiento.

5 Implementación.

Finalmente se realiza la instalación de las estanterías en planta, se movilizan las estanterías con la ayuda de los operarios y puentes grúa, ubicando en cada lugar asignado por materiales previo a la limpieza del lugar asignado, y se lo realiza según son entregados los muebles por parte de Metalmecánica con sus procesos internos.

❖ Llenado monofásico 1 (LM1).

Se realizó una limpieza del área, se cuantificó el material que se encuentra en el lugar, tomando únicamente la cantidad indicada por Kanban se colocó a disposición de las operaciones la cantidad exacta en cada gaveta como indica la trazabilidad Fig.81 Para los materiales que se requerían y no se encontraban dentro del lugar, se realizó una solicitud a bodega con una transferencia en el sistema ERP para consumo de planta, seguido se realizó el llenado del registro de abastecimiento Kanban el mismo que se indica en el Anexo 5.3 , de esta manera se tiene un control estricto de la cantidad entregada por día. Y se entregó el mueble con firmas de responsabilidad de los usuarios para el cuidado físico del mismo, ratificando el compromiso para el uso correcto de las instalaciones. El diseño del estante se puede conocer en el Anexo 7.1. la Fig. 82 muestra el antes y el después de la instalación.



Fig. 82 Antes y después Llenado monofásico 1 LM1 [18].

La Fig. 82 indica una mejora notable entre la disposición de materiales anterior y la instalada dispuesta por el sistema de abastecimiento Kanban, la cantidad de materiales que se tenía anteriormente fue devuelta al área de bodega para su posterior abastecimiento a medida del requerimiento en planta.

❖ **Llenado monofásico 2 (LM2)**

Para la instalación de este mueble se realizó el mismo procedimiento anterior, limpieza del área, clasificación de materiales útiles y discriminación de materiales que no eran necesarios, de igual forma se realizó la solicitud de materiales necesarios a la bodega con una transferencia dentro del sistema ERP Siesa en las cantidades de acuerdo a cada trazabilidad o etiqueta. En este caso particular resaltó el hecho de encontrar gran cantidad de materiales como se puede considerar en la Fig. 83, se contabilizó el material y se logró percibir que se tenía material útil para 800 transformadores, el requerimiento diario es menor que lo disponible en inventario en planta, pudimos evidenciar una vez más la falta de control de abastecimiento al entregar materiales y los conflictos que esto puede ocasionar en planta por la falta de visibilidad de los mismos, existían conflictos entre el personal de bodega, personal de planta y el área de compras, pues la frecuencia de estos inconvenientes se daba constantemente ocasionando paros innecesarios. El diseño para esta estantería se la puede localizar en el Anexo 7.2, mientras que el registro de abastecimiento de materiales se encuentra en el Anexo 5.3.



Fig. 83 Antes y después Llenado monofásico 2 LM2.

❖ Llenado Monofásico 3 (LM3)

El procedimiento anterior se repite, limpieza del área, cuantificación del material existente, abastecimiento de acuerdo a la trazabilidad y entrega del material con firma de responsabilidad para el cuidado, constatando en este caso la falta de rodela plana de ½” de acero material galvanizado de uso frecuente, se abastece según lo planteado inicialmente con las cantidades que indica el kanban en cada gaveta plástica. Fig. 84.



Fig. 84 Antes y después Llenado monofásico 3 LM3.

El trabajo que se realiza después se ve más ordenado y el control de los supervisores es más adecuado ya que pueden controlar el abastecimiento del material a un simple vistazo. Para esta estantería se necesitaron únicamente 6 gavetas plásticas rojas. El diseño para la construcción se encuentra disponible en el Anexo 7.2. mientras que para el control de abastecimiento se lo realiza en el registro de abastecimiento de materiales monofásicos Anexo 5.3.

❖ Llenado trifásico (LT1)

Para el transporte y la instalación de este mueble necesitamos de un puente grúa, fue obligatorio inicialmente realizar una limpieza del área y contabilizar los materiales, el área más grande de pernería y materiales de alta rotación era evidente la falta de control tanto en el abastecimiento de insumos como de control de actividades por parte de supervisión, debido a que constantemente el personal se movilizaba hacia la bodega con el argumento de la falta de insumos. Para este mueble fueron necesarias 30 gavetas plásticas rojas y 34

gavetas plásticas azules. Se realizó la clasificación de materiales, entre material obsoleto, en buen estado y cantidades excesivas, la cantidad de material en exceso fue devuelto a la bodega y el material necesario fue solicitado a bodega a través de una pedido y transferencia en el sistema ERP Siesa, se realizó la identificación de los materiales en la máquina laser de placas lo que funciona como Kanban de materiales y ubicación puesto de materiales.

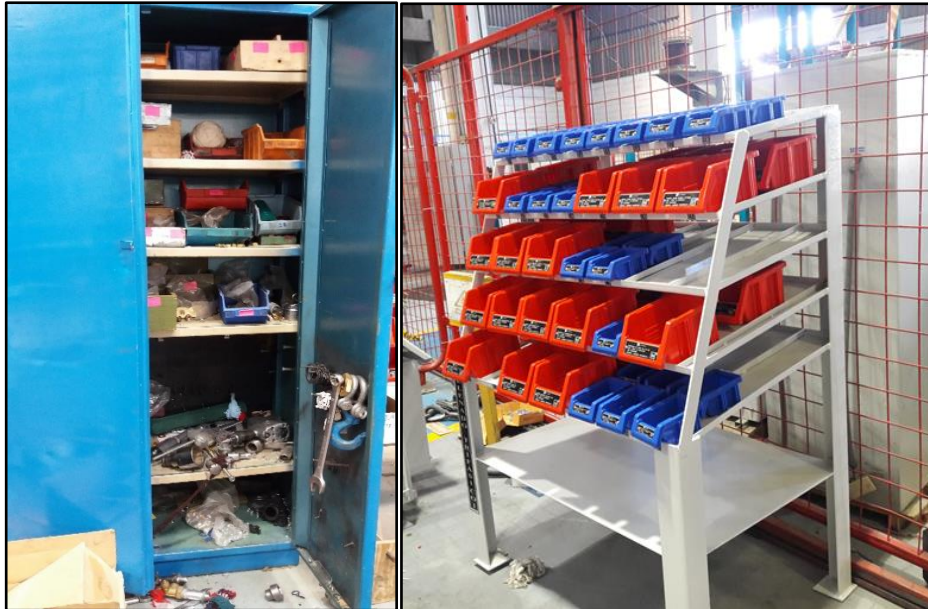


Fig. 85 Antes y después Llenado monofásico 3 LM3 [18].

El diseño para la construcción de la estantería se encuentra en el Anexo 7.5, y el registro de control de abastecimiento de materiales trifásicos se encuentra en el Anexo 5.4

❖ **Stickers Trifásicos.**

Se realizó la instalación de esta percha ya con algunas observaciones por el personal, sugerencias que fueron satisfechas y mejorada, la cantidad de stickers aumentó se necesitó más stickers y en dos colores; a azules para transformadores subestación y amarillos para transformadores Padmounted. Fig. 86. Anexo 7.6.

En toda las potencias además de la identificación de las posiciones de load braker.



Fig. No. 86 Antes y después Stickers Trifásicos.

Coche de abastecimiento Materiales Kanban

Se construyó un medio de transporte para facilitar el abastecimiento de los materiales, manteniendo la metodología de Kanban supermercado, debido a la constitución de los materiales, peso, tamaño y variedad era necesaria la construcción de un vehículo que facilite la movilización. Se entregó formalmente el instructivo de trabajo Anexo 6.2 junto con el layout que se muestra en la Fig. 87 de esta manera se asegura el correcto uso del mueble asignado al área de abastecimiento, cumpliendo con las entregas justo a tiempo, evitando desabastecimientos.



Fig. 87 Coche de abastecimiento Kanban [18].

4.17.1 Capacitación

Se capacitó al personal operativo para la correcta utilización del nuevo sistema de abastecimiento durante las reuniones que cada día tienen con el supervisor de área y se crean los instructivos de utilización y abastecimiento.

- ❖ Después de una capacitación se dio seguimiento durante dos semanas, el sistema se encontraba funcionando de acuerdo a lo planeado, se evidenciaba en planta que ya no tenían los inconvenientes de desabastecimiento de estos insumos como se daba anteriormente.
- ❖ Se realizó la entrega formal del proyecto en una reunión con la línea de supervisión y la gerencia general, donde se expusieron diferentes puntos de vista, inconformidades, actividades que podrían agregar valor y sugerencias.
- ❖ Al líder de bodega se le entregó el instructivo de abastecimiento y los registros que se necesitan para la entrega- recepción de los materiales.

Presupuesto para la construcción

Tabla 39. Costo cajoneras plásticas.

Ubicación física	Unidades				Unidades	Costo Unitario	TOTAL
	LM1	LM2	LM3	LT1			
Cajoneras grandes	6	4	6	32	48	2.76	\$ 132.48
Cajoneras pequeñas	8	13	0	34	55	6.28	\$ 345.40
Costo total							\$ 477.88

Tabla 40. Costo de muebles Kanban

Descripción	Unidades	Costo
LM1	1	\$12
LM3	1	\$8.00
COCHE	1	\$10.00
LM2	1	\$7.00
TRIFÁSICO	1	\$22.00
ST	1	\$13.00
SM	1	\$11.00
TOTAL	7	\$83.00

Tabla 41. Costo total.

COSTO TOTAL	
Estanterías	\$83.00
Cajoneras	\$477.88
TOTAL	\$560.88

EVALUACIÓN DE LA MEJORA CON EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO KANBAN

La tabla 42 indica el estudio de tiempos realizado en el área de llenado monofásico Para las potencias 25, 50, 10 Y 37.5 KVA.

Las operaciones que se midieron fueron: Entancado, conectado de accesorios, Vacío, Llenado de aceite y la prueba de hermeticidad.

Tabla 42. Descripción de actividades

Descripción de actividades	
	Producto: transformador monofásico
	Operación: Llenado y Entancado monofásico
	Estudio No. 1(b), No. 2(b), No.3(b), No. 4(b)
1	Entancado
	Transporte de la parte activa desde el horno de secado a la banda transportadora, limpieza de breacker, colocación de tornillo tipo b (tierra), colocación de alambre recubierto, colocación de la parte activa dentro del tanque, ajuste de parte activa con elementos de sujeción
2	Conectado
	Conectado de accesorios, terminales bushing de baja, accesorios cambiador, accesorios breacker, colocación de tapa y conexión de bushing, colocación de válvula de vacío y llenado.
3	Vacío
	Se realiza presión de vacío al transformador
4	Llenado
	Se llena el tanque de aceite dieléctrico mientras continúa la presión de vacío.
5	Hermeticidad
	Se realiza una prueba (colocación de talco más alcohol sobre la superficie) para comprobar la hermeticidad del tanque

Estudio de Tiempos N. 1(b)

Transformador Monofásico subestación auto protegido de 25kvas, tabla 43.

Tabla 43. Estudio de tiempos N.1(b)

ESTUDIO DE TIEMPOS ENTANCADO MONOFÁSICO							ECUATRAN.				
SECCIÓN: Llenado monofásico						Estudio de tiempos N.1(b) con sistema de abastecimiento kanban					
HERRAMIENTAS: torquimetro, llave hexagonal neumática, dados hexagonales, puente grúa, destornillador plano						OBRERO: HOMBRE		Fecha comienzo: 05/03/2018			
PRODUCTO: Transformador monofásico de 25KVA						TRABAJO MANUAL		Fecha comienzo: 09/03/2018			
CARACTERÍSTICAS: 25.429 Breaker sumergido y fusible de distribución						OBSERVADO POR: Tannia Ortiz					
ACTIVIDADES							TIPO				
1 Entancado							Manual				
2 Conectado							Manual				
3 Vacio							Campana de vacio				
4 Llenado							Manual				
5 Hermeticidad							Manual				
No.	CICLOS (min)					PROM(min)	V(%)	TB(min)	S(%)	TS(min)	
	1	2	3	4	5						
1	4.98	4.70	4.60	4.80	4.60	4.74	100%	4.69	11%	5.20	
2	15.00	14.70	14.98	14.98	15.00	14.93	100%	14.92	11%	16.56	
3	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	100%	20.00	0%	30.00	
4	23.67	24.00	23.60	23.70	23.80	23.75	100%	23.77	11%	26.39	
5	4.27	4.29	4.75	5.57	4.77	4.73	100%	4.82	11%	5.35	
TOTAL(min)										83.500224	

El tiempo de ciclo ha disminuido de 99.50min a 83.50min.

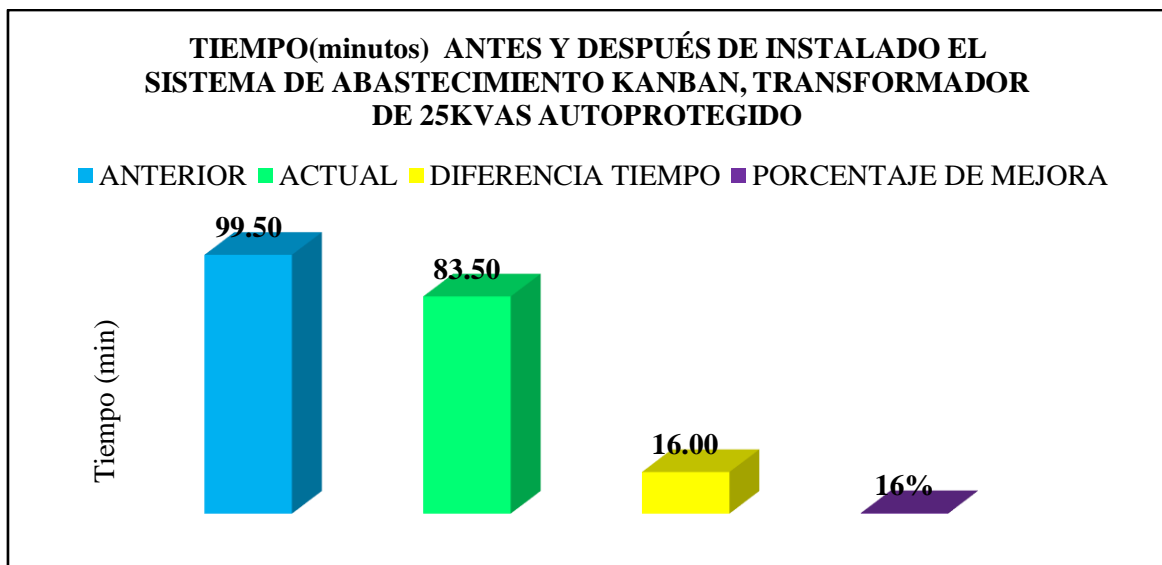


Fig. 88 Tiempo de ciclo antes y después de la instalación del sistema Kanban [18].

Estudio de Tiempos N. 2(b)

Transformador Monofásico subestación auto protegido de 50kvas, tabla 44

Tabla 44. Estudio de tiempos N.2(b)

ESTUDIO DE TIEMPOS ENTANCADO MONOFÁSICO										
SECCIÓN: Llenado monofásico					Estudio de tiempos N.2(b) con sistema de abastecimiento kanban					
HERRAMIENTAS: torquímetro, llave hexagonal neumática, dados hexagonales, puente grúa, destornillador plano					OBRERO: HOMBRE	Fecha comienzo: 26/03/2018				
PRODUCTO: Transformador monofásico de 50KVA					MÁQUINA: N/A	Fecha comienzo: 29/03/2018				
CARACTERÍSTICAS: 50.386 auto protegido 1BSA, 1FD					OBSERVADO POR: Tannia Ortiz					
ACTIVIDADES					TIPO					
1	Entancado				Manual					
2	Conectado				Manual					
3	Vacio				Campana de vacio					
4	Llenado y vacio				Manual					
5	Hermeticidad				Manual					
No.	CICLOS (min)					PROM(min)	V(%)	TB(min)	S(%)	TS(min)
	1	2	3	4	5					
1	9.00	9.54	9.20	9.50	9.75	9.00	100%	9.40	11%	10.43
2	22.00	20.00	20.10	22.00	21.00	21.02	100%	20.82	11%	23.11
3	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	100%	30.00	0%	30.00
4	21.00	23.20	23.00	22.00	23.00	22.44	100%	22.44	11%	24.91
5	8.20	8.65	7.90	7.90	7.80	8.09	100%	8.07	11%	8.96
TOTAL(min)										97.4103

El tiempo de ciclo ha disminuido de 99.50min a 83.50min.

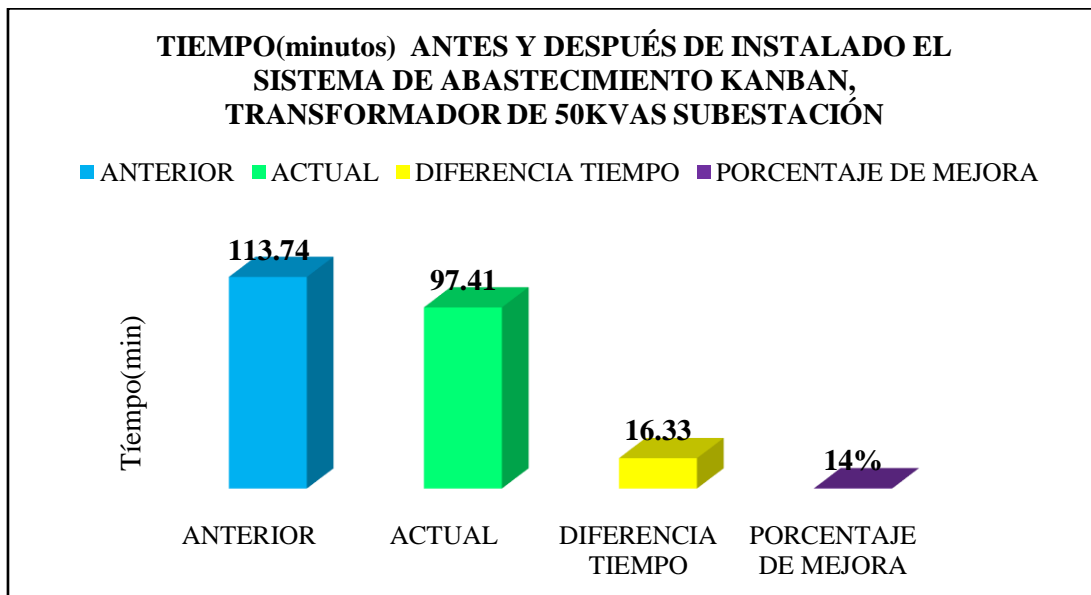



Fig. 89 Tiempo de ciclo antes y después de la instalación del sistema Kanban [18].

Estudio de Tiempos N.3(b)

Transformador Monofásico subestación auto protegido de 10kvas, tabla 45

Tabla 45. Estudio de tiempos N.3(b)

ESTUDIO DE TIEMPOS ENTANCADO MONOFÁSICO 											
SECCIÓN: Llenado monofásico						Estudio de tiempos N.3(b) con sistema de abastecimiento kanban					
HERRAMIENTAS: taquímetro, llave hexagonal neumática, dados hexagonales, puente grúa, destornillador plano						OBRERO: HOMBRE	Fecha comienzo: 19/02/2018+				
PRODUCTO: Transformador monofásico de 10KVA						MÁQUINA: N/A	Fecha fin: 23/02/2018				
CARACTERÍSTICAS: 10.382 auto protegido						OBSERVADO POR: Tannia Ortiz					
ACTIVIDADES							TIPO				
1	Entancado						Manual				
2	Conectado						Manual				
3	Vacio						Campana de vacio				
4	Llenado						Manual				
5	Hermeticidad						Manual				
No.	Eventos	CICLOS (min)					PROM(min)	V(%)	TB(min)	S(%)	TS(min)
		1	2	3	4	5					
1	1	4.00	4.30	4.00	4.25	4.50	4.21	100%	4.25	11%	4.72
2	1	13.10	12.60	13.25	12.75	12.00	12.74	100%	12.67	11%	14.06
3	1	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	100%	20.00	0%	30.00
4	1	20.00	21.35	21.40	21.00	19.75	20.70	100%	20.84	11%	23.13
5	1	4.20	4.75	4.60	4.35	4.50	4.48	100%	4.54	11%	5.03
TOTAL(min)											76.94856

El tiempo de ciclo ha disminuido de 86.18min a 76.95min.

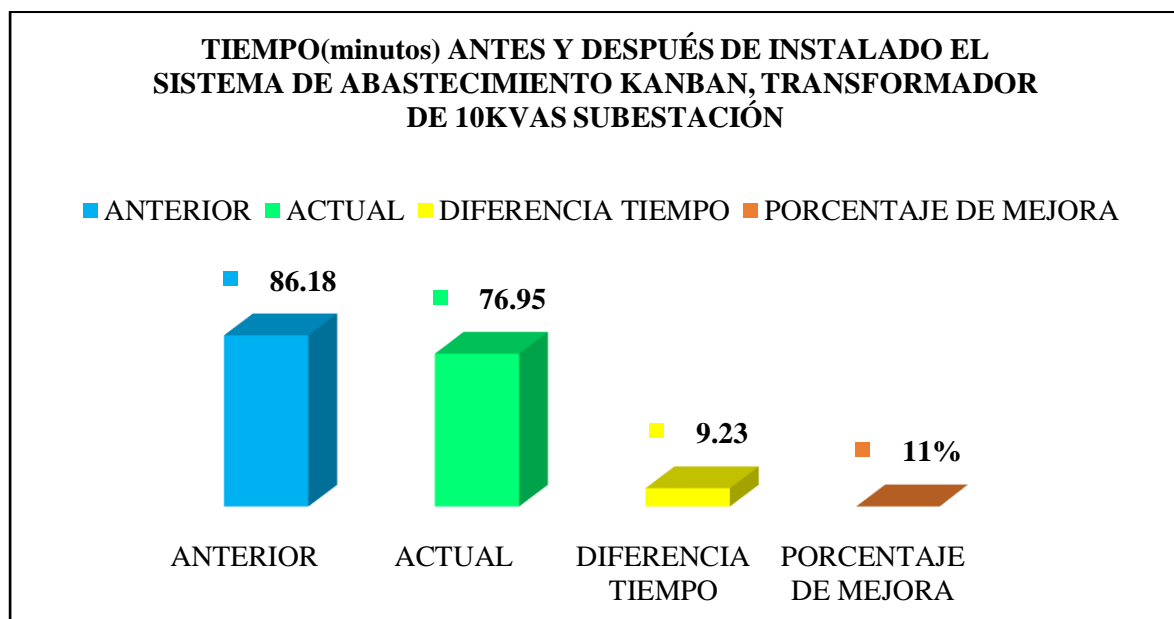



Fig. 90 Tiempo de ciclo antes y después de la instalación del sistema Kanban [18].

Estudio de Tiempos N.4(b)

Transformador Monofásico subestación auto protegido de 37.5kvas, tabla 46

Tabla 46. Estudio de tiempos N.4(b)

ESTUDIO DE TIEMPOS ENTANCADO MONOFÁSICO 										
SECCIÓN: Llenado monofásico						Estudio de tiempos N.4(b) con sistema de abastecimiento kanban				
HERRAMIENTAS: torquimetro, llave hexagonal neumática, dados hexagonales, puente grúa, destornillador plano						OBRERO: HOMBRE	Fecha comienzo: 05/03/2018			
PRODUCTO: Transformador monofásico de 37KVA						TRABAJO MANUAL	Fecha comienzo: 09/03/2018			
CARACTERÍSTICAS: 37.5 Breacker sumergido y fusible de distribución						OBSERVADO POR: Tannia Ortiz				
ACTIVIDADES						TIPO				
1	Entancado					Manual				
2	Conectado					Manual				
3	Vacio					Campana de vacio				
4	Llenado					Manual				
5	Hermeticidad					Manual				
No.	CICLOS (min)					PROM(min)	V(%)	TB(min)	S(%)	TS(min)
	1	2	3	4	5					
1	5.04	5.24	5.06	5.00	5.54	5.18	100%	5.20	11%	5.78
2	15.01	15.03	14.99	14.99	15.01	15.00	100%	15.00	11%	16.65
3	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	100%	20.00	0%	30.00
4	23.04	22.95	22.30	23.17	22.30	22.75	100%	22.69	11%	25.19
5	6.04	6.03	6.52	6.48	6.62	6.34	100%	6.40	11%	7.10
TOTAL(min)										84.72239479

El tiempo de ciclo ha disminuido de 101.22min a 84.72min

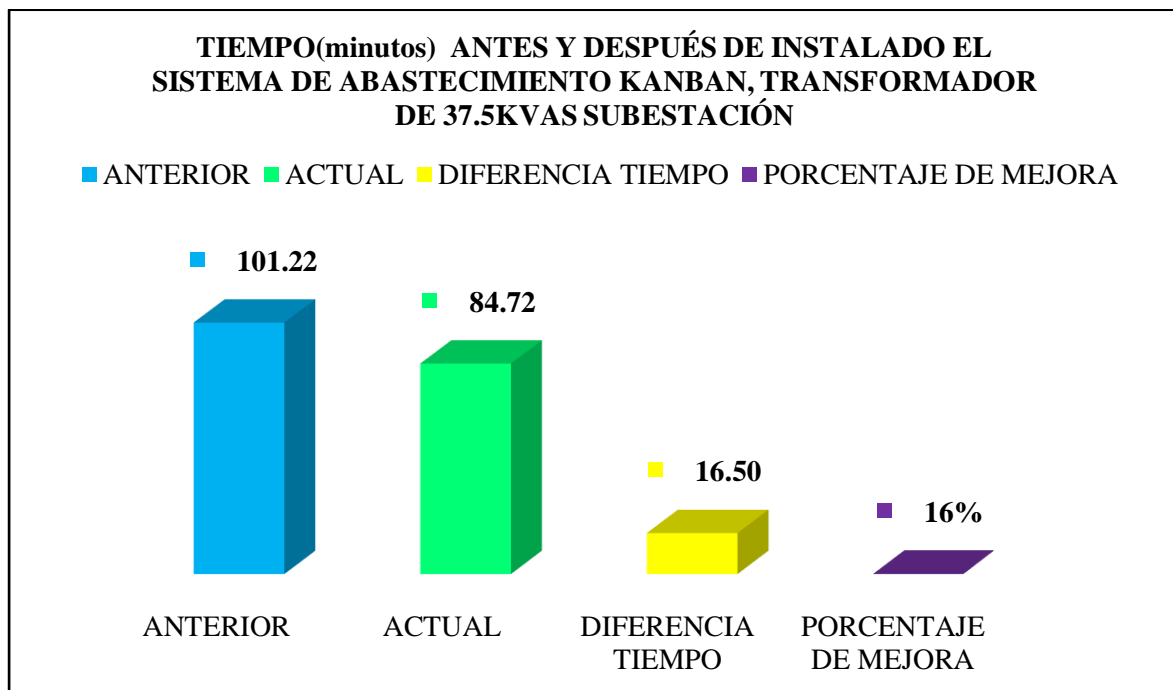


Fig. 91 Tiempo de ciclo antes y después de la instalación del sistema Kanban [18].

2.- Estudio de tiempos con la instalación del sistema de abastecimiento Kanban

Tabla 47 Resumen cursograma Estudio de Tiempos con abastecimiento kanban





Simbología	Actividad	Cantidad	Tiempo
	Operaciones	31	129.76
	Transporte	2	7
	Inspección	1	5
	Demora	25	19.32
TOTAL		59	161.08min

Tabla 48. Actividades Para Entancado Transformador monofásico Padmounted con abastecimiento kanban.

Descripción de actividades	
Producto: transformador monofásico Padmounted	
Operación: Entancado	
Estudio No. 2	
A	Colocación de válvulas de alivio y de Nitrógeno
	Para realizar esta actividad es necesario limpiar la superficie debido a que por procesos de granallado y pintura, previamente se tiene que cubrir todos los orificios y espárragos con masking para evitar el daño, el granallado desgasta la superficie, si no se cubren antes de granallado se pierde la rosca.
B	Colocación llave de drenaje
	Se limpia la superficie, se retira el masking, se coloca teflón permatex y se ajusta la llave al tanque
C	Colocación de visor de aceite
	Para la colocación de este instrumento de medición se necesita limpiar la superficie y se realiza con pernería de sujeción
D	Colocación de bushing
	Elemento de protección que posee accesorios externos e internos, previamente se retira el masking de los espárragos del frente y se coloca accesorios externos, por la parte interna se conecta a la parte activa con elementos de sujeción.
E	Quita chispas
	Esta actividad es innecesaria, no sucede con frecuencia y se debe a un error de la persona que preparó el tanque para pintura, en este proceso deberían haber retirado las chispas adheridas por soldadura.
F	Elaboración empaque
	Se fabrica un empaque para el sellado del tanque utilizando caucho circular y se adhiere al tanque
G	Elaboración de conectores
	Se elaboran conectores constituidos por alambres y terminales que servirán de conexión malla interna.
H	Colocación de accesorios externos de bushings
	Se colocan accesorios utilizando juegos de pernerías
I	Preparación de bayonetas.
	Se inserta un fusible en las tres bayonetas que serán ubicadas en el transformador
J	Entancado.
	Se inserta la parte activa dentro del tanque.
K	Conecta Load Breacker.
	Se realiza el conectado de load breacker de protección del transformador, lleva accesorios externo.
L	Ajuste de tornillo tipo B

	Ajuste del tornillo para conexión a tierra en el marco de la parte activa
M	Colocación y sujeción tapa.
	Sellar la tapa al tanque con el empaque y elementos de sujeción

Tabla 49. Calculo del Tiempo estándar para el proceso de Entancado Sistema de Abastecimiento Kanban

CALCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR			
OPERACIÓN ESTUDIO:	Entancado con el sistema de abastecimiento kanban		
	T. Básico	161:04	2:41
		min	horas
Suplementos por descanso			
trabajador: hombre			
Constantes:			
	Necesidades Personales	5%	8:03 min
	Fatiga	4%	6:26 min
Variables:			
	Trabajo de pie	2%	3:13 min
Suplemento por descanso		17:42	min
Tiempo estándar: Entancado		178:46	Min
Tiempo estándar: Entancado		3:44	Horas

FASE: MONOFÁSICO
TIPO: MONOFÁSICO-PADMOUNTED
POTENCIA: 37.5

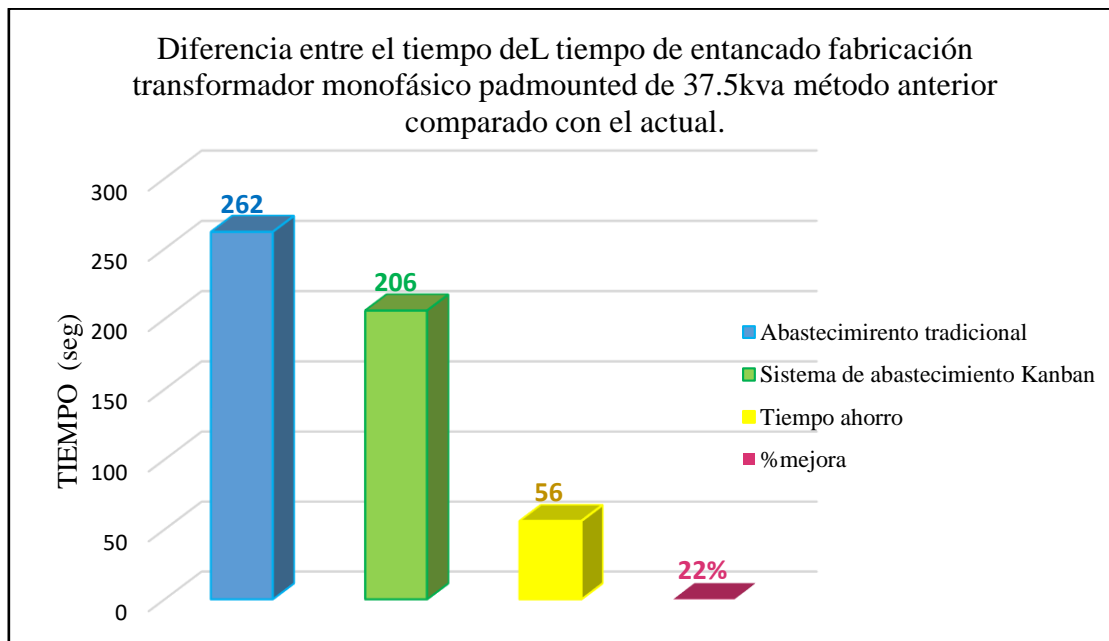


Fig. 92 Resultados del Estudio de tiempos Entancado

Como se observa en la Fig. 92 es una gran ventaja para la empresa contar con el sistema de abastecimiento, puesto que como se puede observar se reduce un 22% respecto al tiempo que originalmente se realizaba el trabajo con tiempos controlados por la observación en el proceso, los tiempos de demora no siempre son los mismos, ya que como hemos podido evidenciar no existía un adecuado control y el material era entregado sin ningún filtro, dando lugar a que en algunos casos el material se encontraba cerca pero los inventarios del material no cuadraban el consumo real con el gasto en el sistema.

Elaborado por: Tannia Ortiz

Revisado por:

Aprobado por:

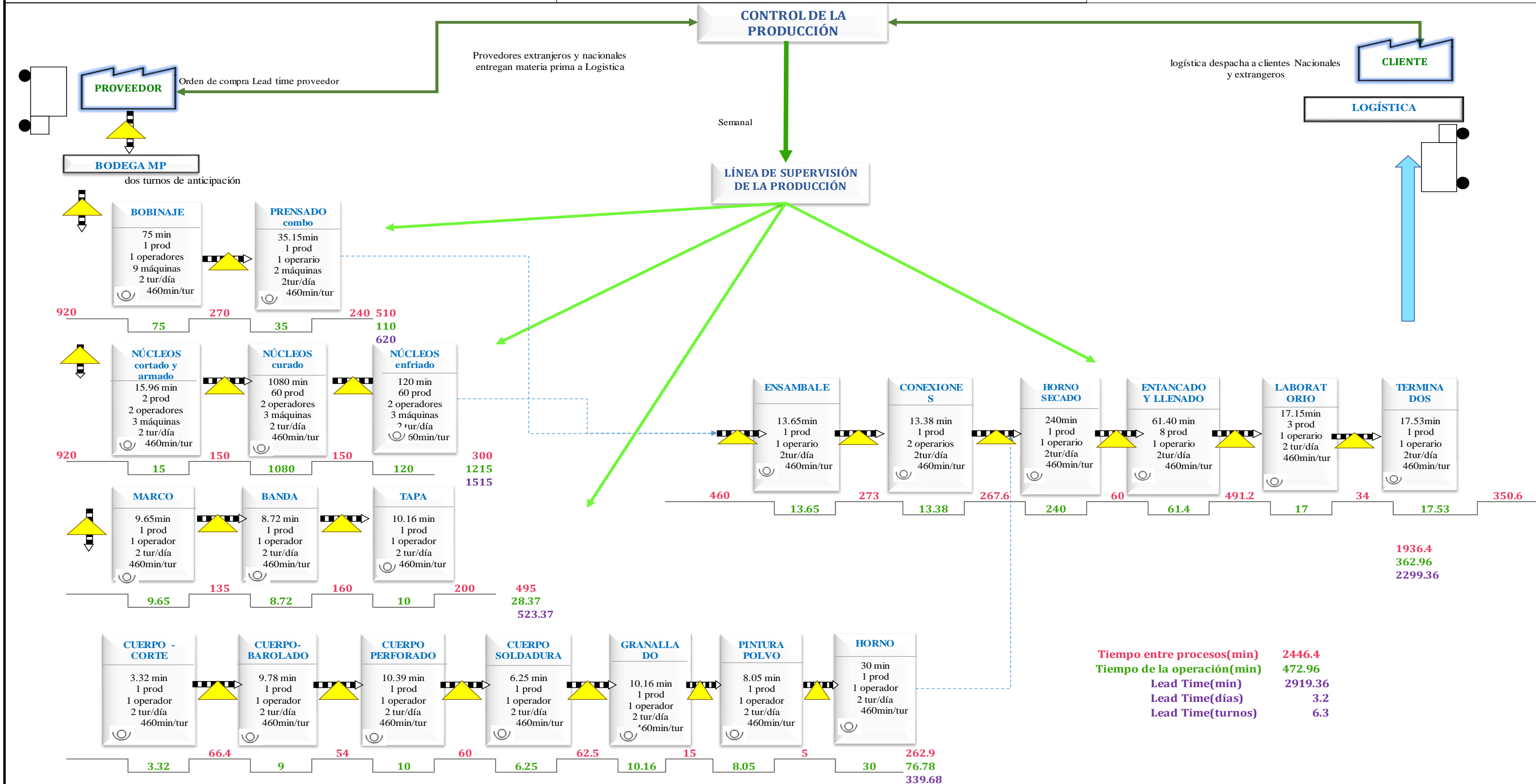


Fig.93 VSM transformador monofásico 25KVA (actual).

Elaborado por: Tannia Ortiz

Revisado por:

Aprobado por:

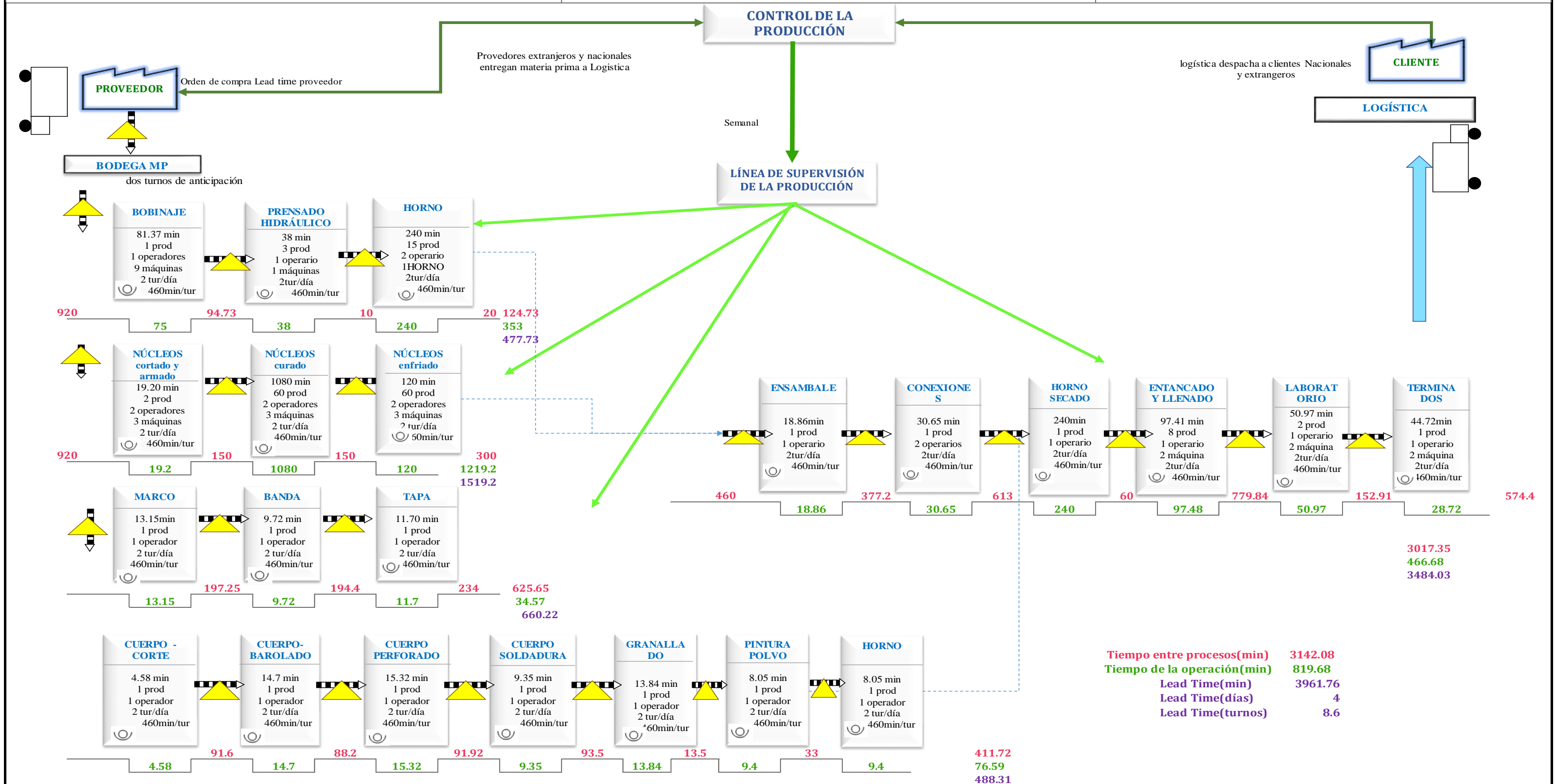


Fig. 94 VSM transformador monofásico 50KVA (actual).

Elaborado por: Tannia Ortiz

Revisado por:

Aprobado por:

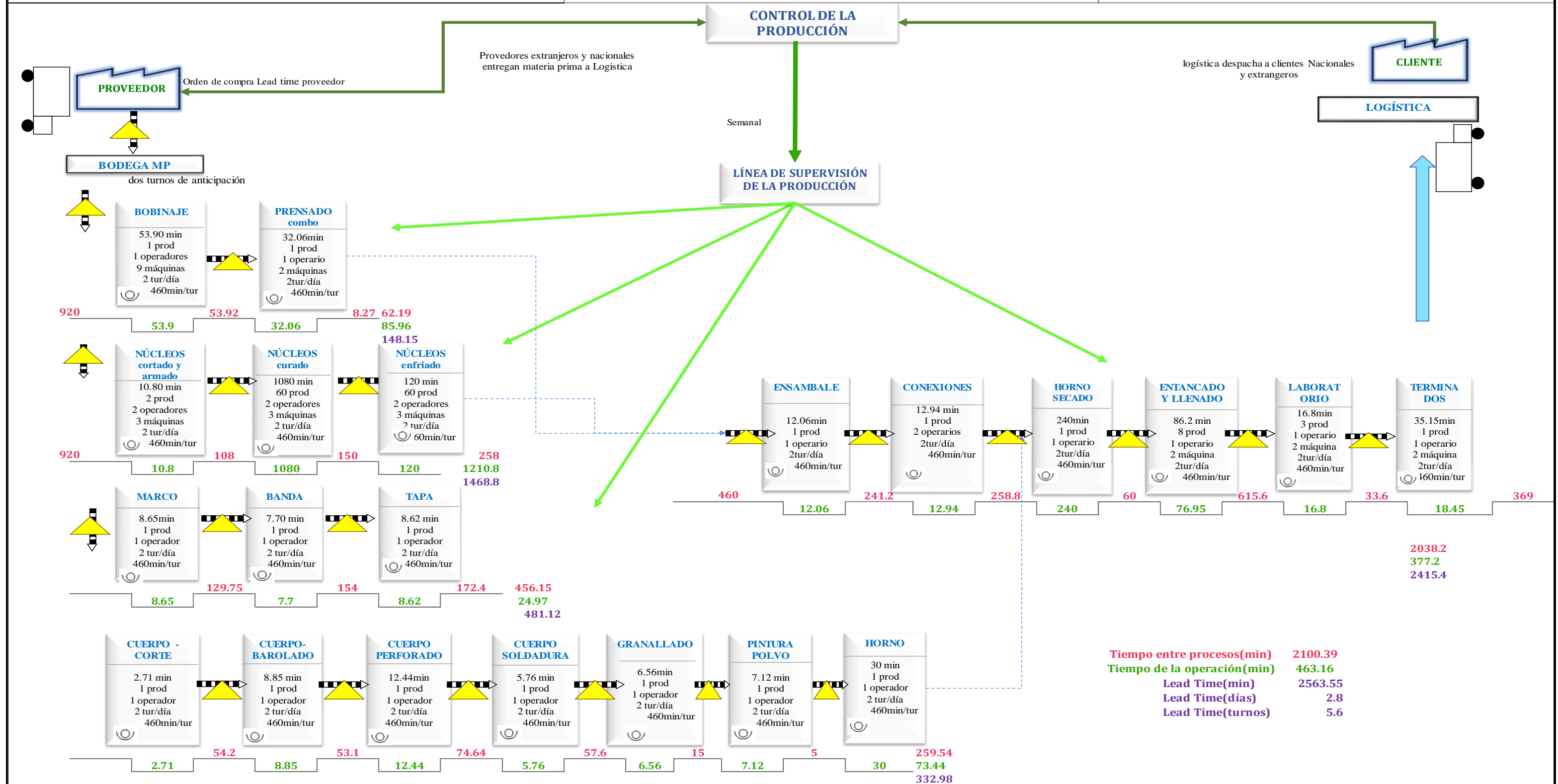


Fig.95 VSM transformador monofásico 10KVA (actual).

Elaborado por: Tannia Ortiz

Revisado por: Ing. Jose Morales

Aprobado por: Ing. Jose Morales

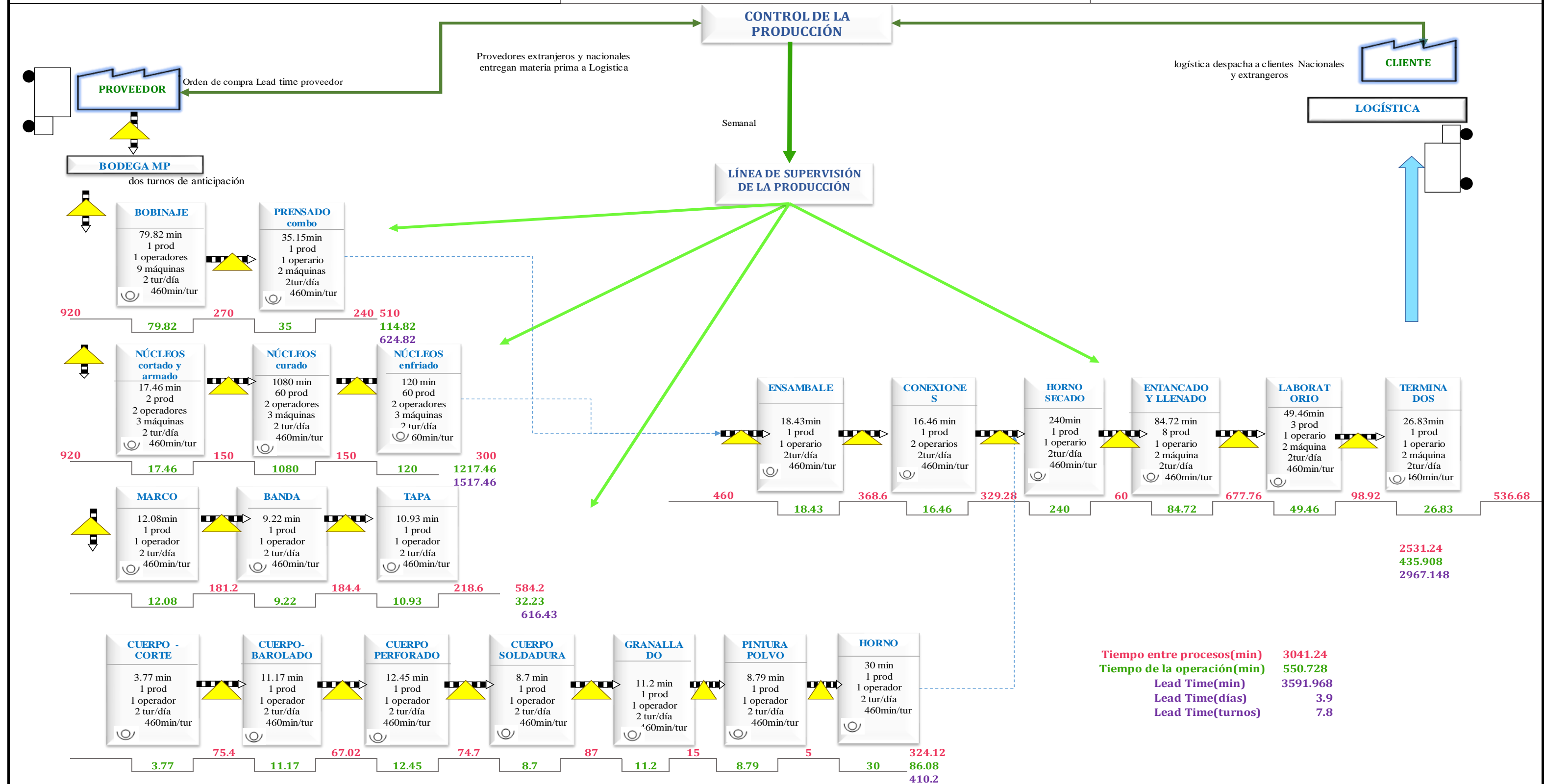


Fig.96 VSM transformador monofásico 37.5KVA (actual).

Análisis VSM

Como se observa en la figura 97 existe una reducción de tiempo de ciclo desde el ingreso de la materia prima a planta hasta la liberación y entrega del producto final.

Tabla 50. Diferencia del tiempo anterior vs actual

DETALLE	TIEMPO DE CICLO					
	ANTERIOR			ACTUAL		
	min	días	turnos	min	días	turnos
VSM transformador monofásico 25KVA	3809.36	4.1	8.3	2919.36	3.2	6.3
VSM transformador monofásico 50KVA	4680.14	5.1	10.2	3961.76	4.3	8.6
VSM transformador monofásico 10KVA	3082.55	3.4	6.7	2563.55	2.8	5.6
VSM transformador monofásico 37.5KVA	4403.3	4.8	9.6	3591.968	3.9	7.8

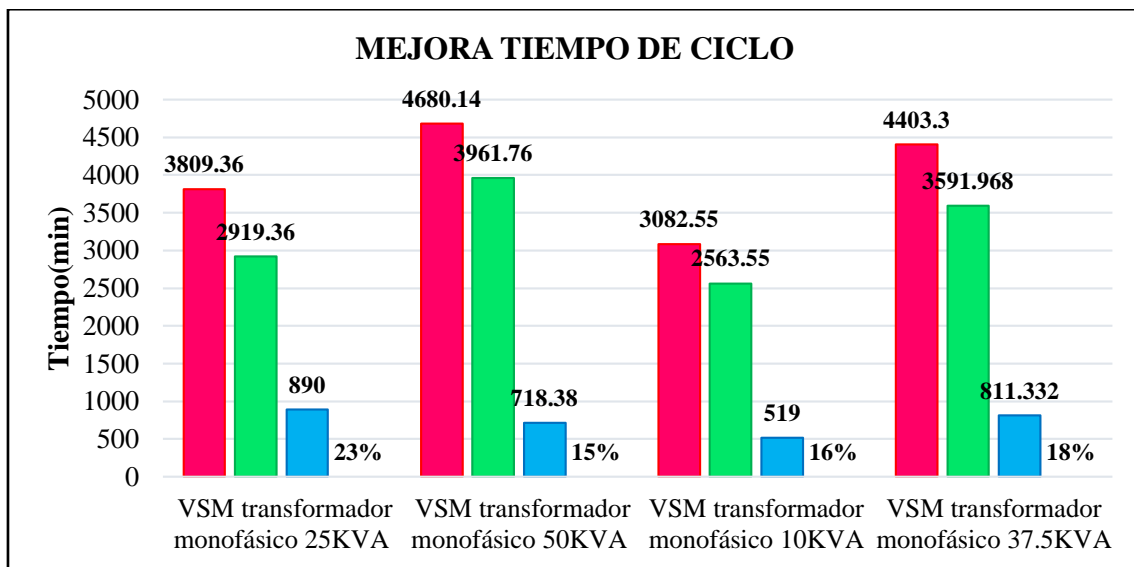


Fig. 97 Diferencia de tiempos de ciclo anterior contra el actual.

Evolución Ecuatran S.A.

Tabla 51. Evolución de la empresa Ecuatran, Indicadores Empresa [18]

2013	2014	2015	2016	2017	2018
Plan estratégico Ecuatran	Diagnostico / Capacitación SPF	SPF Planta:	SPF Planta:	SPF Planta:	SPF Ecuatran:
Objetivos trazados	Creación de mecanismos de seguimiento.		Flujo	Trabajo estándar	Sistemas de cumplimiento
Visualización hacia el cliente		5 S's	Continuo	Kanban	Jidoka
Sistemas para ejecución		4 Ms Takt Time	Nivelación	Poka Yoke (calidad)	Justo a tiempo

La tabla 51 nos muestra los resultados alcanzados con un verdadero trabajo de ingeniería donde el compromiso desde la alta gerencia hasta el estrato operativo es muy importante, estos indicadores resaltan la mejora que durante años han alcanzado, el proyecto Kanban ayudó no solo a la mejora de la productividad, con la integración del resto de herramientas mencionadas en la Tabla 51, a inicios del último trimestre del año 2017 el sistema Kanban inició con el abastecimiento, y empezamos a ver resultados en la estabilidad de pedidos versus los pedidos entregados, es decir el tiempo de entrega es mucho más ágil, la calidad de nuestros productos ha mejorado notablemente, estamos comprometidos con la filosofía del verdadero fundador de Lean Taiichi Ohno, incrementar la eficacia eliminando de forma consistente e implacable las pérdidas, con respeto a la humanidad.

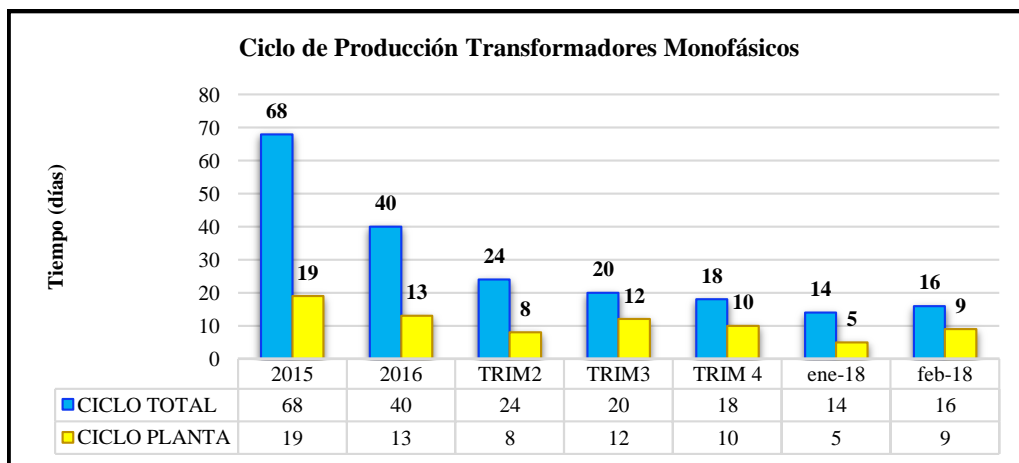


Fig. 98 Indicador Ciclo de Producción monofásico.

La fig. 98 Indica el ciclo de producción, la barra de ciclo total es la cantidad de días (promedio) que pasan desde que un pedido es confirmado para la fabricación hasta que se entrega el producto al cliente, y la barra de ciclo planta es el tiempo que la planta industrial se demora en la fabricación, estos indicadores tienden a mejorar con respecto a los datos anteriores desde el segundo trimestre que iniciamos con la instalación de Kanban, junto con un trabajo integral y en equipo se han logrado estabilizar indicadores al punto de iniciar a mejorar las metas iniciales en los objetivos estratégicos de la empresa. Tomando en cuenta los indicadores que sirven para el cumplimiento de los objetivos estratégicos el kanban ha logrado mejorar en un 62% con criterio conservador, respecto al tiempo de ciclo de los años anteriores, con la indicación de que no se toman los picos muy altos, el tiempo promedio anterior es de 28.5 días, mientras que con la mejora es de 10 días de ciclo.

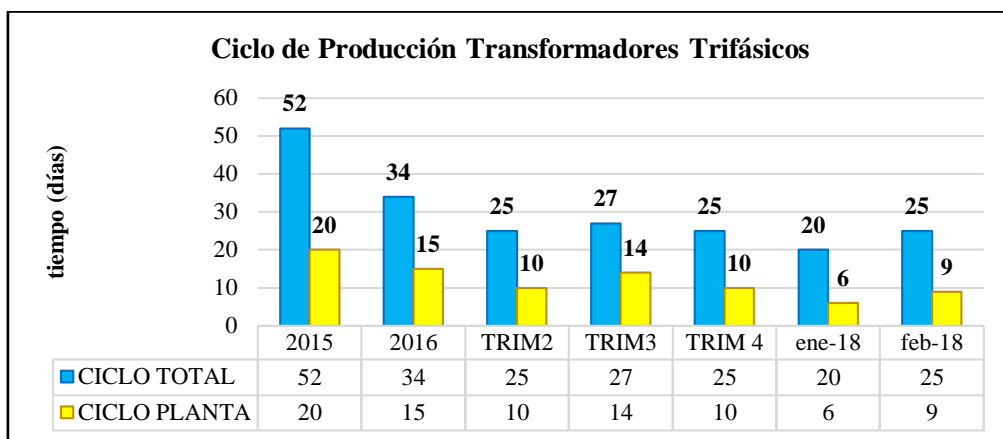


Fig. 99 Indicador Ciclo de Producción Trifásico

La Fig. 99 es el indicador del ciclo de producción de transformadores de tres fases, como se puede apreciar la cantidad de tiempo de entrega va disminuyendo a partir de la instalación del sistema de abastecimiento Kanban la fuente de información es directamente Ecuatran S.A. el área de procesos monitorea constantemente los indicadores para mantener las metas y mejorarlas, el histórico nos muestra que en años anteriores el ciclo de producción tardaba demasiado, ahora vemos una mejora del 59.6% con criterio conservador con respecto a datos del año pasado, el ciclo promedio era de 29 días, mientras el ciclo evaluado con la mejora es de 12 días.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se logra disminuir los paros improductivos debido a que para la colocación de accesorios de alta rotación ya no es necesaria la búsqueda o el traslado a bodega, el tiempo que un operador demora en realizar esta actividad se reduce de minutos a segundos logrando con esto una ventaja importante para el tiempo de fabricación de los transformadores, gracias al sistema de abastecimiento Kanban, se puede observar que para la fabricación de un transformador monofásico de 25kva el tiempo de ciclo ha disminuido en un 23% para la fabricación de un transformador monofásico de 50kva el tiempo de ciclo disminuye un 15%, para la fabricación de un transformador monofásico de 10kva el tiempo de ciclo disminuye un 16% y finalmente para un transformador monofásico de 37.5kva el tiempo de ciclo se reduce un 18% ya que como hemos podido evidenciar anteriormente no existía un adecuado control y el material era entregado sin ningún filtro, dando lugar a que en algunos casos el material se encontraba cerca pero los inventarios del material no cuadraban el consumo real con el gasto en el sistema, gracias al sistema de abastecimiento kanban, los operarios realizan sus tareas sin necesidad de trasladarse, eso conlleva a que la operación sea más ágil y finalice en menor tiempo, eliminando el alto desperdicio que anteriormente existía. Se verificó mediante la investigación que el abastecimiento por Kanban de materiales de alta rotación reduce los paros de producción al disminuir los desplazamientos innecesarios y la falta de materiales.

- Dentro de la planta de producción se ha identificado los materiales que actualmente se encuentran abastecidos por Kanban, para el abastecimiento se cuenta con la trazabilidad adecuada, código, nombre y cantidad para cada material.
- Se verificó que el sistema funciona de forma efectiva manteniendo dos días de stock en la planta industrial, tomando en cuenta el método visual debido a su naturaleza.
- El personal, actualmente se encuentra más comprometido con uno de los objetivos que persigue la empresa; Alta calidad al menor costo y con el menor tiempo de entrega, porque disponen de lo necesario y pueden respetar las conexiones con los elementos que están dentro de las especificaciones (alta calidad), se disminuye el tiempo de espera por falta de materiales (menor costo), y permite el flujo continuo del producto en proceso (menor tiempo de entrega).

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que la línea de supervisión controle físicamente los cuadros de inventario con una frecuencia semanal para evitar desperdicios en planta, junto con una capacitación continua o retroalimentación para generar disciplina al personal operativo, de esta manera se logrará que el sistema funcione efectivamente.
- Se recomienda controlar permanentemente sobre todo cuando varíe la capacidad de la planta industrial, con esto aseguraremos la flexibilidad del sistema ante la variación de producción que es el interés principal del sistema de manufactura esbelta, dado que el sistema permite empezar cualquier operación en cualquier momento.
- Se lograrán mayores beneficios si se mantiene la ruta de logística establecida, aquella que minimiza los desplazamientos, recogiendo gavetas vacías y entregando en función a las necesidades de los clientes, asegurando la presencia del operador en su sitio de trabajo.
- Una idea excelente es la aplicación del sistema Andon para el abastecimiento debido a que mediante la aplicación de este sistema se puede aprovisionar de un material específico que no se ha considerado dentro del sistema Kanban.
- Se recomienda establecer un control de herramientas con la misma metodología Kanban.

Glosario de términos

Andon. - Tablero indicador de parada de producción ubicado en un sitio adecuado, es un control visual, la luz indicadores funciona de la siguiente manera; Cuando las operaciones son normales la luz verde está encendida, cuando un trabajador necesita ajustar algo en la línea solicita ayuda, enciende la luz amarilla, si se detiene por algún problema, se enciende la luz roja, hasta que llegue el personal indicado a solucionar el problema.

Autonomización.- Automatización con un toque humano, este término significa transferir inteligencia humana a la máquina, este concepto es adaptado a partir de un telar auto-activado de Toyoda Sakichi, era un mecanismo que detenía automáticamente la máquina cuando los hilos se rompían, es decir se instaló en la máquina un mecanismo capaz de detectar un defecto, este concepto en Toyota se aplica también a las líneas de producción y trabajadores, permitiendo de esta manera evitar que se produzcan defectos, eliminando desperdicios.

Control visual. - Dirección a través de la vista, cualquier producto defectuoso es retenido y obligado a salir a flote y de esta manera corregirlo a tiempo,

Pcbs.- Bifenilo ploriclorado, compuesto químico formado por cloro, carbón e hidrógeno, cuya estabilidad química es ideal para la utilización en uso industrial, pues es resistente al fuego, no conduce electricidad y tiene baja volatilidad a temperaturas normales, pero que por su misma estabilidad química es peligroso para el ambiente por la resistencia que presenta a la destrucción biológica ante los procesos naturales y la Organización Mundial de la Salud comprobó que es un ente cancerígeno en los seres humanos, además si se tiene contacto directo provoca la desfiguración de la piel, cabe indicar que **Ecuatran S.A. fabrica transformadores con aceite vegetal libre de PCBs.**

Bushing. - Dispositivo de protección del transformador.

Bayoneta. – Instrumento que contiene un fusible de protección eléctrica.

Volatilidad. - Es la facilidad con que una sustancia se evapora

Dieléctrico. - Material aislante o mal conductor de calor o electricidad.

Bibliografía

- [1] T. Ohno, El sistema de producción Toyota, más allá de la producción a gran escala, Barcelona: Gestión 2000, 1991, p. 180.
- [2] A. ä. G. Carmen Lasa Gómez, Métodos Ágiles. Scrum, Kanban, Lean, Anaya Multimedia, 2017.
- [3] A. V. I. Juan Carlos Hernández Matíaz, «Lean Manufacturing,» Madrid, 2013.
- [4] J. K. Liker, «Las claves del éxito Toyota,» New York, 2014.
- [5] R. A. G. d. León, «Productivity Latinoamérica,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.productivity-la.com/>. [Último acceso: 06 08 2017].
- [6] A. G. C. Aguirre, «Gestiopolis,» 19 10 2001. [En línea]. Available: <https://www.gestiopolis.com/sistema-kanban-para-la-eficiencia-operativa-en-la-empresa/>. [Último acceso: 06 08 2017].
- [7] Ministerio de Industrias y Productividad - Viceministerio de Industrias y Productividad, «Ficha informativa de proyectos 2017, Proyecto para el fomento de las Mipymes Ecuatorianas -NACIONAL,» 2017.
- [8] INEC, «Reporte del índice de la producción de la Industria Manufacturera,» 2017.
- [9] C. A. M. Centeno, "Sistema de Producción Kanban en la empresa de Calzado", Ambato, 2017.
- [10] C. L. V. Samaniego, «Implantación de kanban, 5's y principios ergonómicos en el área de manufactura de una empresa litográfica,» Guayaquil, 2009.
- [11] R. A. M. Alejandro, «Desarrollo y evaluación de un prototipo de sistema colaborativo de dirección de proyectos, enfocado en kanban y centrado en los procesos de la gestión de las comunicaciones y gestión de los interesados del estándar pmi - pmbok 5ed. , "cioban", aplicado en,» Guayaquil, 2017.
- [12] D. A. A. S. B. B. M. N. Zerega Alban Renatto Edmundo, «EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL PUSH Y PULL EN,» Guayaquil, 2010.
- [13] J. G. Manzaba, «Aumento de la productividad en la gestión de proyectos, utilizando una metodología ágil aplicada en una fábrica de software de la ciudad de Guayaquil,» Revista Tecnológica ESPOL, vol. 27, nº 2, p. 36, 2014.
- [14] J. J. G. PAOLA, «Implementación del Modelo de Simulación Kanban para Mejorar las Actividades de la Fábrica de Calzado Femenino Covis,» MACHALA, 2017.

- [15] F. G. Meza, *Introducción a la Ingeniería Industrial*, Huancayo: Fondo Editorial de la Universidad Continental, 2015.
- [16] J. R. S. Gomez, *Introducción a la Ingeniería Industrial*, México, 2012.
- [17] R. C. RENDÓN, «LEAN PRODUCTION/MANUFACTURING,» Especialista Gestión Energética Industrial, [En línea]. Available: <http://slideplayer.es/slide/1632950/>. [Último acceso: 18 01 2018].
- [18] Ecuatran S.A., «Ecuatran S.A.,» 2017. [En línea]. Available: http://www.ecuatran.com/wp-content/uploads/2017/02/brochure_distribucion.pdf. [Último acceso: 10 01 2018].
- [19] D. M. R. A. E., «Técnicas modernas de Manufactura,» de *Técnicas modernas de Manufactura*, Monterrey, 2001, p. 241.
- [20] L. H. García, «Administración de la producción,» 2013. [En línea]. Available: <http://sistemaproducciontoyota.blogspot.com/2013/11/administracion-la-produccion-por.html>. [Último acceso: 12 01 2018].
- [21] R. G. Bárbara Alvarado, «Estrategias de Calidad y Competitividad,» Caracas, 2006.
- [22] A. E. GANCEDO, «Implantación de la Filosofía TPM en una,» Madrid, 2007.
- [23] M. Rafael, *Gestión de tareas con Kanban, una introducción a la gestión visual del trabajo*, Madrid, 2015.
- [24] L. H. GARCÍA, *Sistema Producción Toyota*, 2012.
- [25] S. Shingo, *El Sistema de Producción Toyota desde el punto de vista de la Ingeniería*, Madrid, 1990, p. 291.
- [26] Estrada, *Sistema Kanban como ventaja competitiva en la micro y mediana empresa*, Hidalgo, 2016.
- [27] C. López, «El Kanban como herramienta de flexibilidad productiva,» 11 Noviembre 2011. [En línea]. Available: <https://www.gestiopolis.com/kanban-herramienta-flexibilidad-productiva/>. [Último acceso: 11 07 2017].
- [28] B. R. D. Paola, «Forma como se puede aplicar el sistema Kanban en el escenario empresarial colombiano,» *Scientia et Technica* año XIV, n° 39, 2008.
- [29] Leanroots, *Leanroots Lean Manufacturing*, 2016.
- [30] Oficina internacional del trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*, Ginebra, 1996.

- [31] A. C. Neira, Técnicas de medición del trabajo, Madrid: FUNDACIÓN CONFEMENTAL, 2006.
- [32] M. George, Lean Six Sigma: Convining six sigma quality with lean speed., USA: Mc Graw Hill, 2002.
- [33] A. S. F. G. y. I. Arcusa, Manual práctico del diseño de sistemas productivos, Madrid: Días de Santos, 2004.
- [34] M. A. R. Pozueta, «TRANSFORMADORES».
- [35] Calcular la muestra correcta, «Feedback Networks Technologies,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calcul.html>. [Último acceso: 18 10 2017].
- [36] L. M. D. Riobóo, Estadística Básica, Nicaragua, 2008.
- [37] F. Manuel, Análisis y descripción de puestos de trabajo, 1995.
- [38] I. B. A. Lazo, Propuesta Para La Implementación De La Estrategia Kanban En El Área De Kalandria En Zeta De La Empresa Continental Tire Andina S.A., Cuenca, 2007.
- [39] U. E. 2014, 04 08 2015. [En línea]. Available: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2015/08/toyota-exito-metodo-kanban/>.
- [40] R. J. N. A. Richard b Chase, Administración de Operaciones, Producción y cadena de suministro., México: Mc Graw Hill, 2009.
- [41] D. B. R. y. P. Silva, Una forma práctica de aplicar el sistema Kanban en la Pymes Colombianas, 2008.
- [42] R. Schoroeder, Sistemas Justo a Tiempo, Administración de Operaciones Casos y conceptos conteporáneos, Iztapalapa: McGraw-Hill/Interamericana.
- [43] R. Galleguillos, «Herramientas de gestión administrativas,» Ambato, 2017.
- [44] P. A. Pérez, Transformadores de distribución: teoría, cálculo, construcción y pruebas, segunda edición ed., México: Reverté S.A., 2001, p. 215.
- [45] A. C. T. Pleguezuelos, Herramientas de Calidad, Granada , España, 2012, p. 253.

Anexos

Anexo 1. Encuesta

Encuesta dirigida al personal operativo de la empresa Ecuatran S.A.

Esta encuesta será tratada de manera confidencial y será utilizada únicamente para mejorar el abastecimiento de materiales.

Indicación: Por favor conteste el siguiente cuestionario según su criterio:

1.- ¿Cuántas veces tiene que dirigirse una persona de su equipo de trabajo hacia la bodega para solicitar material durante la jornada de trabajo?

1 vez

2 veces

Más de 2 veces

2.- ¿Qué tan adecuado considera el almacenamiento dentro de la plata para cada material de uso frecuente?

Bueno

Malo

Regular

3.- ¿Considera que mejoraría su productividad si tuviera los materiales necesarios más cerca?

Si

No

4.- ¿Ha sucedido que no existe el material para la fabricación de transformadores y por ello ha tenido que suspender su trabajo?

Si

No

5.- ¿Ha tenido que ubicar algún material sustituto a causa de faltantes para sustituir su trabajo?

Si

No

6.- ¿Existe material acumulado innecesario dentro de las áreas de trabajo?

Si

No

7.- ¿Alguna vez se le ha indicado el tiempo que debe tomarse para realizar sus actividades?

Si

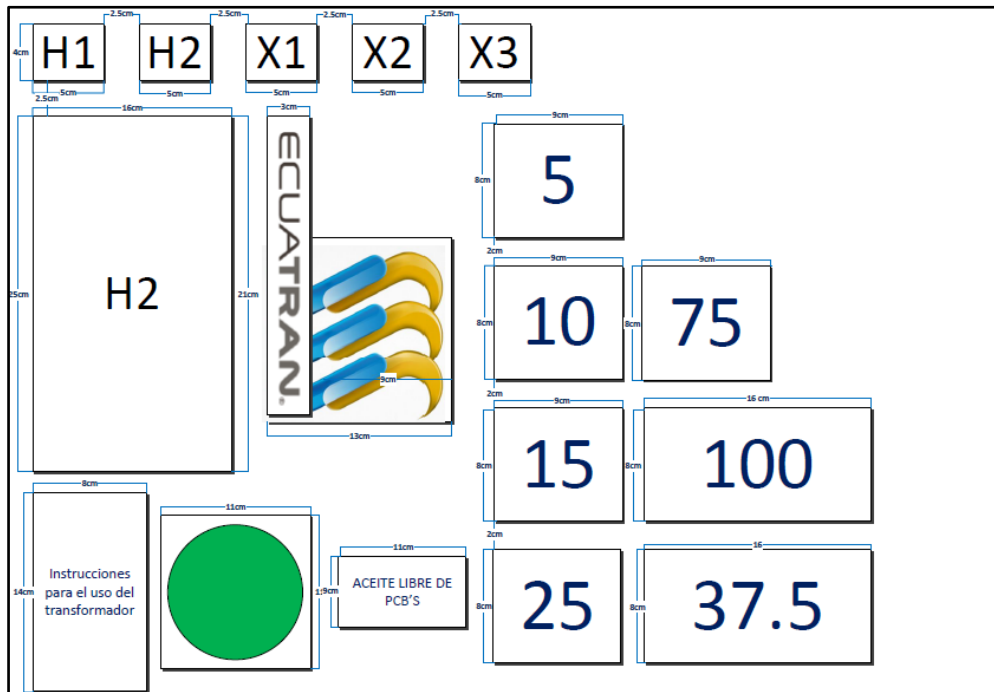
No

En caso de ser afirmativo, conteste:

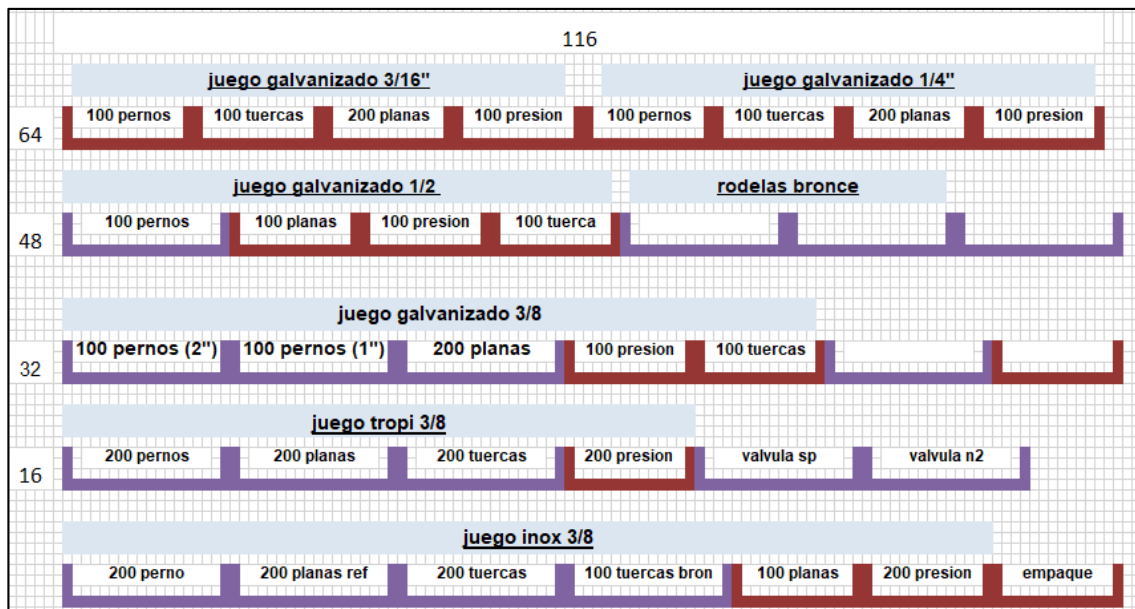
¿Qué tiempo?

Anexo 2

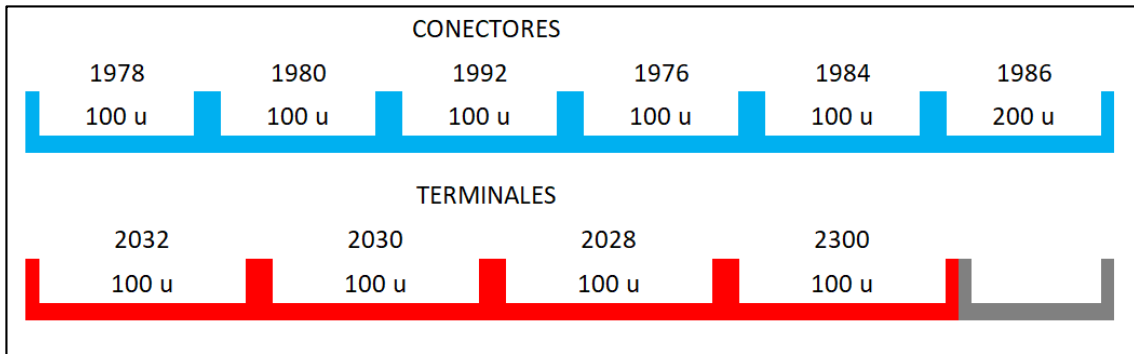
Anexo 2.1 Bosquejo de la disposición de stikers



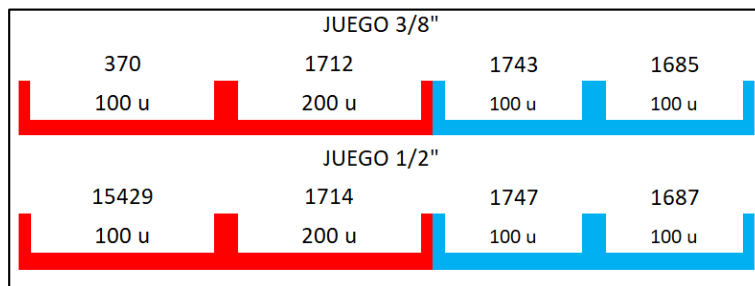
Anexo 2.2 Bosquejo de la disposición de materiales llenado trifásico (LT1)



Anexo 2.3 Bosquejo de la disposición de conexiones trifásico (CT1)




Anexo 2.3 Bosquejo de la disposición de ensamblaje trifásico (ET1)




Anexo 3


Anexo 3.1 Registro de abastecimiento de stickers Monofásico

		KANBAN STICKERS MONOFÁSICO			Cod: Fecha elab: Fecha ult rev: Aprobado por:				
Elaborado por:		Revisado por:			Aprobado por:				
ITEM	REF.	DETALLE	FECHA:						
			PACK	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
2219	R-22020102	H1 AZÚL	2						
		H2 AZÚL	2						
		H3 AZÚL	2						
		X1 AZÚL	2						
		X2 AZÚL	2						
		X3 AZÚL	2						
		10 AZÚL	2						
		15 AZÚL	2						
		25 AZÚL	2						
		500 AZÚL	2						
		37.5 AZÚL	2						
		100 AZÚL	2						
2242	R-22020154	ADHESIVO ACEITE LIBRE PCBs TRANSPARENTE	2						
2244	R-22020158	ADHESIVO CÍRCULO VERDE ECOLÓGICO	2						
2253	R-22020181	ADHESIVO CAMBIADOR 3F 5 POSICIONES 20KV 60A	2						
2285	R-22020260	INSTRUCTIVO INSTALACIÓN Y MONTAJE (PLASTIFICADO)	1						
2287	R-22020262	INSTRUCTIVO PARA USO DEL TRANSFORMADOR	2						
21646	R-22020242	LOGOTIPO ECUATRAN	2						
ABASTECIDO POR:									
RECIBIDO POR:									
REGISTRADO POR:									


Anexo 3.2 Registro Stickers trifásico

		KANBAN STICKERS TRIFÁSICO				Cod: Fecha elab: Fecha ult rev: Aprobado por:		
Elaborado por:		Revisado por:						
ITEM	REF.	DETALLE	FECHA:					
			PACK	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD
2211	R-22020101	H0 AZÚL	2					
		H1 AZÚL	2					
		H2 AZÚL	2					
		H3 AZÚL	2					
		X0 AZÚL	2					
		X1 AZÚL	2					
		X2 AZÚL	2					
		X3 AZÚL	2					
		500 AZÚL	2					
		300 AZÚL	2					
		150 AZÚL	2					
		100 AZÚL	2					
		75 AZÚL	2					
		H0 AMARILLO	2					
		H1 AMARILLO	2					
		H2 AMARILLO	2					
		H3 AMARILLO	2					
		X0 AMARILLO	2					
		X1 AMARILLO	2					
		X2 AMARILLO	2					
		X3 AMARILLO	2					
		LB2PA AMARILLO	2					
		LB2PB AMARILLO	2					
		LB2PC AMARILLO	2					
		H1A AMARILLO	2					
		H2A AMARILLO	2					
		H3A AMARILLO	2					
		H1B AMARILLO	2					
		H2B AMARILLO	2					
		H3B AMARILLO	2					
FK1 AMARILLO	2							
FK2 AMARILLO	2							
FK3 AMARILLO	2							
50 AMARILLO	2							
75 AMARILLO	2							
100 AMARILLO	2							
125 AMARILLO	2							
150 AMARILLO	2							
200 AMARILLO	2							
2869	R-22020156	ADHESIVO ACEITE LIBRE PCBS BLANCO	2					
2242	R-22020154	ADHESIVO ACEITE LIBRE PCBS TRANSPARENTE	2					
2244	R-22020158	ADHESIVO CÍRCULO VERDE ECOLÓGICO	2					
2253	R-22020181	ADHESIVO CAMBIADOR 3F 5 POSICIONES 20KV 60A	2					
2285	R-22020260	(PLASTIFICADO)	1					
2287	R-22020262	INSTRUCTIVO PARA USO DEL TRANSFORMADOR	2					
21646	R-22020242	LOGO ECUATRAN TRIFÁSICO (212X200) TRI POSTE	2					
ABASTECIDO POR:								
RECIBIDO POR:								
REGISTRADO POR:								


Anexo 3.3 Registro materiales monofásico

			KANBAN MATERIALES MONOFÁSICO				Cod: Fecha elab: Fecha ult rev:		
Elaborado por:			Revisado por:				Aprobado por:		
PUESTO	ITEM	REFERENCIA	Fecha	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
			DESCRIPCIÓN						
LM1	339	R-12010140	PERNO DE BRONCE SILICON 1/4" *3/4"						
	1708	R-12030197	RODELA PLANA BRONCE SILICON 1/4"						
	387	R-12020180	TUERCA BRONCE SILICON 1/4"						
	351	R-12010206	TORNILLO 1/4" * 3/4" TIPO B						
	357	R-12010150	PERNO GALVANIZADO 1/2" 3/4"						
	1685	R-12030142	RODELA DE PRESIÓN GALVANIZADA 1/2"						
LM2	1712	R-12030292	RODELA PLANA GALVANIZADA 1/2"						
	1704	R-12030237	RODELA PLANA ACERO INOX 3/8 SENCILLA						
	389	R-12020185	TUERCA BRONCE SILICON 3/8"						
	1683	R-12030132	RODELA DE PRESIÓN ACERO INOX 3/8"						
	16787	R-12010225	PERNO DE ACERO INOXIDABLE 3/8" X5"						
	361	R-12010152	PERNO GALVANIZADO 1/4" * 1/2"						
	1744	R-12020220	TUERCA GALVANIZADA 1/4"						
	1713	R-12030272	RODELA PLANA GALVANIZADA 1/4"						
	1686	R-12030147	RODELA DE PRESIÓN GALVANIZADA 1/4"						
	13287	R-12020222	TUERCA GALVANIZADA 3/16" INSERTO NYLON						
LM3	12308	R-12030195	RODELA PLANA GALVANIZADA 3/16"						
	13285	R-12030273	RODELA DE PRESIÓN GALVANIZADA 3/16"						
	10688	R-19010111	VALVULAS DE ALIVIO DE 1/4"						
	357	R-12010150	PERNO GALVANIZADO 1/2" 3/4"						
			ABASTECIDO POR:						
			RECIBIDO POR:						
			REGISTRADO POR						


Anexo 3.4 Registro tubos de papel


			KANBAN TUBOS DE PAPEL				Cod: Fecha elab: Fecha ult rev:		
Elaborado por:			Revisado por:				Aprobado por:		
PUESTO	ITEM	REFERENCIA	Fecha	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	
			DESCRIPCIÓN						
AT1	1782	R-05010601	TUBO DE PAPEL CREPE DE 1 3/4"						
			TUBO DE PAPEL CREPE DE 3/8"						
			TUBO DE PAPEL CREPE DE 5/8"						
			TUBO DE PAPEL CREPE DE 1"						
			TUBO DE PAPEL CREPE DE 1 1/2"						
AM1	1782	R-05010601	TUBO DE PAPEL CREPE DE 1 1/4"						
			TUBO DE PAPEL CREPE DE 1"						
			TUBO DE PAPEL CREPE DE 5/8"						
			TUBO DE PAPEL CREPE DE 1/4"						
			ABASTECIDO POR:						
			RECIBIDO POR:						
			REGISTRADO POR						

Anexo 3.4 Registro materiales trifásico

				KANBAN MATERIALES TRIFÁSICO					Cod:	
Elaborado por:				Revisado por:			Aprobado por:		Fecha elab:	
									Fecha ult rev:	
PUESTO	UBIC	ITEM	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	Fecha:	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	
LT1	E1	12300	R-12010135	TORNILLO GALVANIZADO 3/16*3/4"						
	E2	13287	R-12020222	TUERCA GALVANIZADA 3/16" INSERTO NYLON						
	E3	12308	R-12030195	RODELA PLANA GALVANIZADA 3/16"						
	E4	2992	R-12030137	RODELA DE PRESION GALV 3/16"						
	E5	368	R-12010156	PERNO GALVANIZADO 1/4*3/4"						
	E6	1744	R-12020220	TUERCA GALVANIZADA 1/4"						
	E7	1713	R-12030272	RODELA PLANA GALVANIZADA 1/4"						
	E8	1686	R-12030147	RODELA DE PRESION GALVANIZADA 1/4"						
	D1	15429	R-12010151	PERNO GALVANIZADO 1/2*2"						
	D2	1743	R-12020215	TUERCA GALVANIZADA 1/2"						
	D3	1712	R-12030292	RODELA PLANA GALV d:1/2 D:1 3/4 e: 1/8						
	D4	1685	R-12030142	RODELA DE PRESION GALVANIZADA 1/2"						
	D5	2994	R-12030203	RODELA PLANA BRONCE SILICON 1/2"						
	D6	1707	R-12030192	RODELA PLANA BRONCE 25*45mm						
	D7	1706	R-12030187	RODELA PLANA BRONCE 16*32mm						
	C1	5444	R-12010159	PERNO GALVANIZADO 3/8" 2"						
	C2	6255	R-12010157	PERNO GALVANIZADO 3/8*1"						
	C3	1714	R-12030277	RODELA PLANA GAL d:3/8 D:1 1/16 e:3/32						
	C4	1687	R-12030152	RODELA DE PRESION GALVANIZADA 3/8"						
	C5	1747	R-12020225	TUERCA GALVANIZADA 3/8"						
	B1	17623	R-12010230	PERNO TROPICALIZADA 3/8 X 1 1/2						
	B2	17632	R-12030380	RODELA PLANA TROPICALIZADA 3/8"						
	B3	17631	R-12020350	TUERCA TROPICALIZADA 3/8"						
	B4	17633	R-12030450	RODELA PRESION TROPICALIZADA 3/8"						
	B5	10688	R-19010111	VALVULA DE SOBREPRESION DE 1/4"						
	B6	1924	R-19010149	VALVULAS N2 #645 AG-1/8 NT						
	A1	16126	R-12010220	PERNO ACERO INOX 3/8" X 1 1/2"						
	A2	1680	R-12030232	RODELA PLANA INOX 3/8" DE 20mm REFORZADA						
	A3	381	R-12020160	TUERCA DE ACERO INOXIDABLE 3/8"						
	A4	389	R-12020185	TUERCA BRONCE SILICON 3/8"						
	A5	1704	R-12030237	RODELA PLANA INOX d:10 D:20 e:2 mm						
	A6	1683	R-12030132	RODELA DE PRESION ACERO INOXIDABLE 3/8"						
	A7	21760	R-11010155	EMPAQUE PARA PERNO CABEZA REDONDA 3/8"						
						ABASTECIDO POR:				
						RECIBIDO POR:				
						REGISTRADO POR:				






Anexo 3.5 Registro conexiones y ensamblaje trifásico

				KANBAN MATERIALES CONEXIONES TRIFÁSICAS			Cod: Fecha elab: Fecha ult rev:	
Elaborado por:				Revisado por:			Aprobado por:	
PUESTO	UBIC	ITEM	REFERENCIA	Fecha:	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad
				DESCRIPCIÓN				
CT	A1	2032	R-21010175	TERMINAL OJO 250 A. SC70-12 Tyco 325305				
	A2	2030	R-21010173	TERMINAL OJO 175 A SC35-10 (Tyco 325203)				
	A3	2028	R-21010171	TERMINAL OJO 150 A SC35-8 (Tyco 325202)				
	A4	2300	R-21010177	TERMINAL OJO SC25-6 (Tyco 325201)				
	B1	1978	R-21010117	CONECTOR TUBULAR 4 AWG				
	B2	1980	R-21010119	CONECTOR TUBULAR 6 AWG				
	B3	1992	R-21010127	CONECTOR ØI 10mm*1cm (1/0) Tyco 324442				
B4	1976	R-21010115	CONECTOR TUBULAR 2 AWG					
B5	1984	R-21010121	CONECTOR TUBULAR 8 AWG					
B6	1986	R-21010123	CONECTOR 12-10 AWG #34138					
ABASTECIDO POR:								
RECIBIDO POR:								
REGISTRADO POR:								

				KANBAN MATERIALES ENSAMBLAJE TRIFÁSICO			Cod: Fecha elab: Fecha ult rev:	
Elaborado por:				Revisado por:			Aprobado por:	
PUESTO	UBIC	ITEM	REFERENCIA	Fecha:	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad
				DESCRIPCIÓN				
ET	A1	15429	R-12010151	PERNO GALVANIZADO 1/2*2"				
	A2	1712	R-12030292	RODELA PLANA GALV d:1/2 D:1 3/8 e: 3/32				
	A3	1743	R-12020215	TUERCA GALVANIZADA 1/2"				
	A4	1685	R-12030142	RODELA DE PRESION GALVANIZADA 1/2"				
	B1	370	R-12010158	PERNO GALVANIZADO 3/8* 1 1/2"				
	B2	1714	R-12030277	RODELA PLANA GAL d:3/8 D:1 1/16 e:3/32				
	B3	1747	R-12020225	TUERCA GALVANIZADA 3/8"				
B4	1687	R-12030152	RODELA DE PRESION GALVANIZADA 3/8"					
ABASTECIDO POR:								
RECIBIDO POR:								
REGISTRADO POR:								


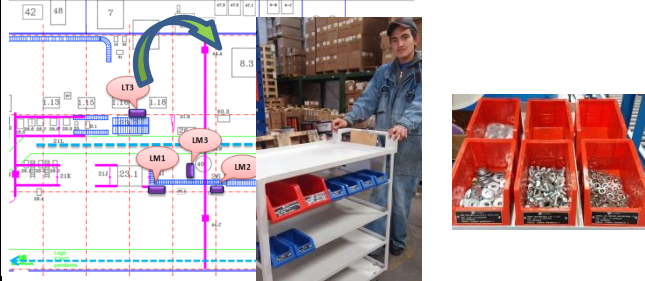

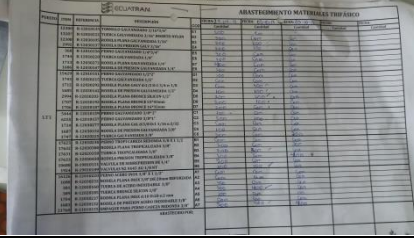
Anexo 4

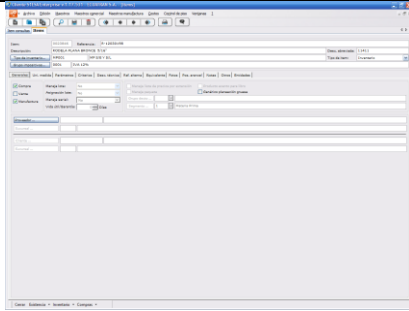
Anexo 4.1 Instructivo de uso Kanban stickers

	PRODUCTO: TABLERO STICKERS MONOFÁSICOS	INSTRUCTIVO DE TRABAJO EC-SGI-IT-01
No. PERSONAS	SECCIÓN	MÉTODO
01	TERMINADOS MONOFÁSICOS	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO KANBAN
TAREA #	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	OBSERVACIONES RI: RIESGO IDENTIFICADO OC: OBSERVACIÓN DE CALIDAD IA: IMPACTO AMBIENTAL
<u>UTILIZACIÓN DE TABLEROS KANBAN</u>		
01	<i>Tomar un paquete del sticker requerido, en caso de faltantes comunicar directamente al supervisor a cargo.</i>	
		1.- Colocación de paquetes, asegurarse de que se encuentre el paquete perforado y encájelo sobre el mismo agujero. 2.- Si es necesario movilizar el tablero, previa autorización de supervisión, solicitar la ayuda de un compañero, visualizar el área adecuada en cuanto a disponibilidad de espacio, despeje el sitio de posibles objetos cercanos que puedan ocasionar incidentes.
02	<i>Seleccione y tome la cantidad exacta de stickers a utilizar y ubicar nuevamente el paquete con la cantidad restante en el sitio de origen</i>  <i>Ubicar la cantidad adecuada a utilizar de stickers en el coche transportable de stickers</i>	
03		
<u>DISPOSICIONES GENERALES</u> 1.- Utilizar la cantidad exacta a utilizar, no desperdiciar el material. 2.- En caso de faltantes comunique inmediatamente al supervisor.		

	<u>3.- Mantener el orden adecuado según lo dispuesto en el tablero.</u>			
	<u>DISPOSICIONES AMBIENTALES:</u>			
Revisado por	Aprobado por	Fecha de Revisión	Reemplaza a	Página
<u>Subgerente de Procesos</u>	<u>Director de Operaciones</u>	Agosto/2017	N/A	1 de 1

Anexo 4.2 Instrucivo Abastecimiento de materiales

		PRODUCTO	INSTRUCCION DE TRABAJO EC-SGI-IT-02
		ABASTECIMIENTO MATERIALES KANBAN	
No. PERSONAS	SECCIÓN	MÉTODO:	
01	PLANTA PRODUCTIVA	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO KANBAN	
TAREA	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES RI: RIESGO IDENTIFICADO OC: OBSERVACIÓN DE CALIDAD IA: IMPACTO AMBIENTAL	
	<u>ABASTECIMIENTO DE MATERIALES KANBAN</u>		
<u>01</u>	<p>Recorrer puestos Kanban establecidos en planta, de los puestos: LM1, LM2, LM3, LT1 recopilar gavetas vacías y ubicarlas en el coche de transporte, escribir en el registro de materiales kanban los materiales requeridos.</p> 	<p>1.- Cuidar que el material no se riegue en el piso, de suceder levantarlo inmediatamente.</p>	
<u>03</u>	<p>Dirigirse hacia la bodega transportando las gavetas vacías. Abastecer de acuerdo al rótulo descrito en la placa de cada gaveta en donde puede encontrar el código, nombre y cantidad que va a contener.</p>  <p>Llenar el registro de abastecimiento materiales. En caso de detectar que el stock de cualquier material se acerca al mínimo informe al líder de materiales.</p>  <p>Generar la transferencia en el sistema ISMART de los materiales e Imprimir el documento por bodegas internas</p>		



Recargar los materiales en planta siguiendo el orden de las estanterías: LM1, LM2, LM3, LT1, stickers monofásico y trifásico, visualizar la codificación en cada estantería.



Hacer firmar el documento del ISmart al supervisor y firmar el registro de materiales como respaldo del material abastecido y compromiso de la revisión y supervisión de la cantidad de materiales entregados a la planta.

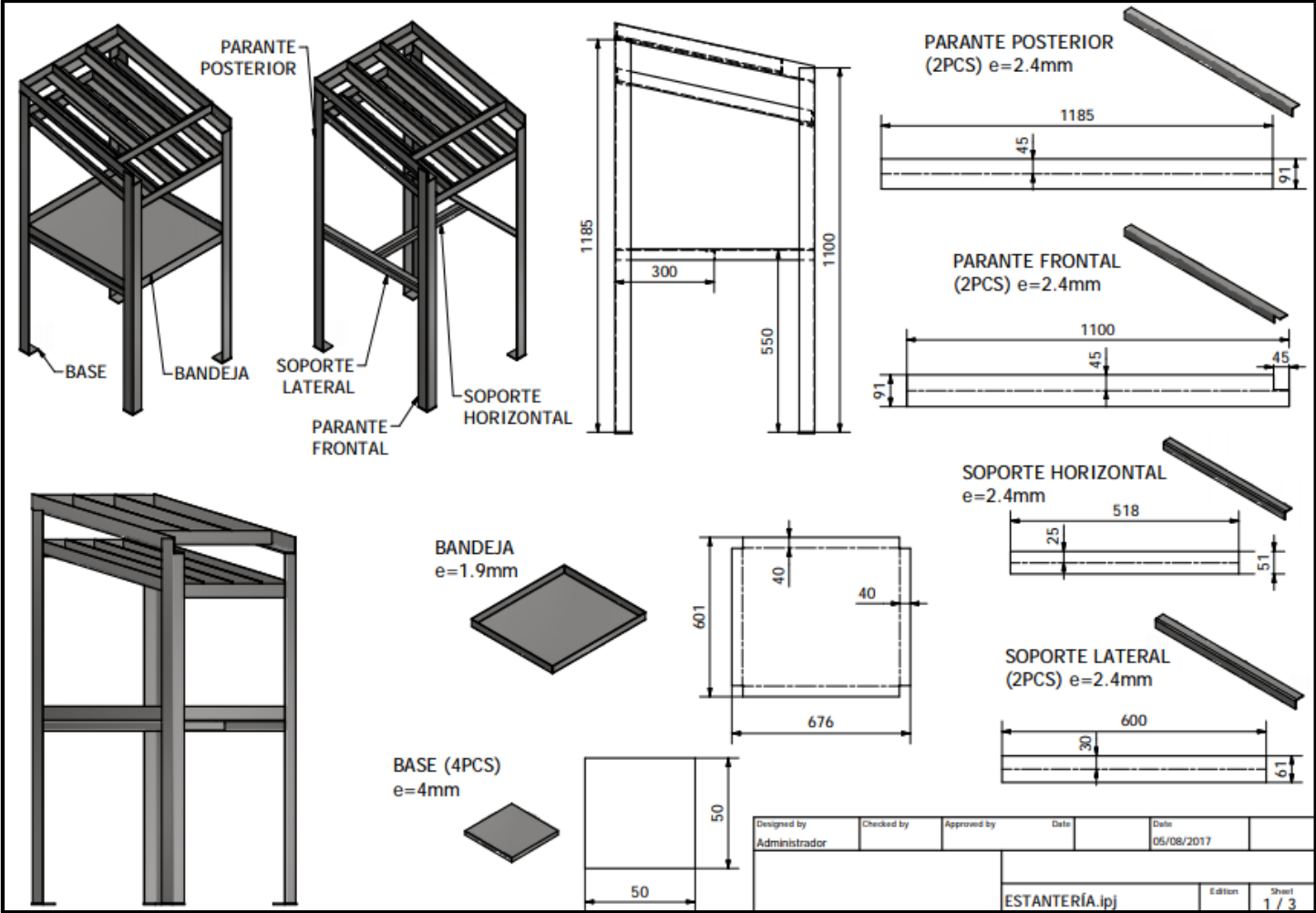
Elaborado por: Tannia Ortiz	Revisado por: Subgerente de Procesos	Aprobado por: Director de Operaciones	Fecha de Revisión: Agosto/2017	Reemplaza a: N/A	Página 2 de 2
---------------------------------------	--	---	--	----------------------------	----------------------

Anexo 4.3 Diseño de estantería LM1

EQUATRAN		ABASTECIMIENTO MATERIALES				
REF	SEMANA	Fecha: 14/09/17	Fecha: 15/09/17	Fecha: 18/09/17	Fecha: 19/09/17	Fecha:
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD
R-12010140	PERNO DE BRONCE SILICON 1/4" * 3/4"	Completo	Completo	Completo	200	
R-12030197	RODELA PLANA BRONCE SILICON 1/4"	Completo	200	200	200	
R-12020180	TUERCA BRONCE SILICON 1/4"	Completo	100	Completo	100	
R-12010206	TORNILLO 1/4" * 3/4" TIPO B	Completo	Completo	Completo	C	
R-12010150	PERNO GALVANIZADO 1/2" * 3/4"	Completo	Completo	Completo	200	
R-12030142	RODELA DE PRESIÓN GALVANIZADA 1/2"	Completo	Completo	Completo	100	
R-12030292	RODELA PLANA GALVANIZADA 1/2"	Completo	Completo	Completo	100	
R-12010150	PERNO GALVANIZADO 1/2" * 3/4"	Completo	Completo	100	C	
R-12030142	RODELA DE PRESIÓN GALVANIZADA 1/2"	Completo	Completo	Completo	C	
R-12030292	RODELA PLANA GALVANIZADA 1/2"	Completo	Completo	100	C	
	ABASTECIDO POR:	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	
	RECIBIDO POR:	<i>[Signature]</i> JUSU VENUS	<i>[Signature]</i> DIEGO JORDAN	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	
	REGISTRADO POR:					

Anexo 5

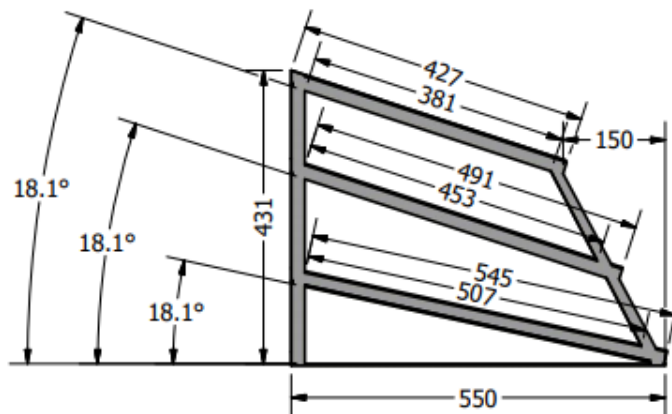
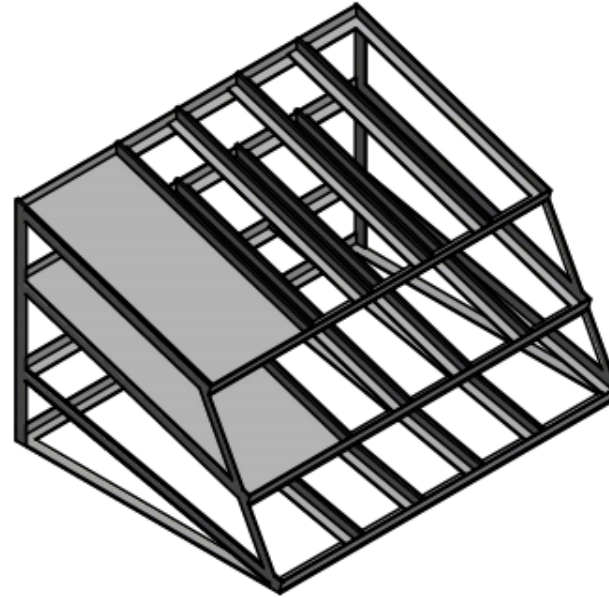
Anexo 5.1 Diseño de estantería LM1



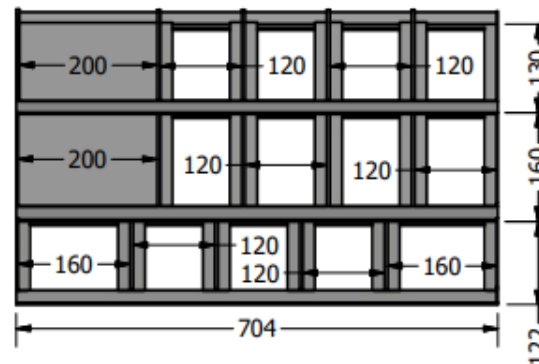
ESTANTERIA LM2 BODEGA

MATERIALES

ANGULO DE 20*20mm DOBLADO EN 2.4mm
PLANCHA DE ACERO AL CARBONO

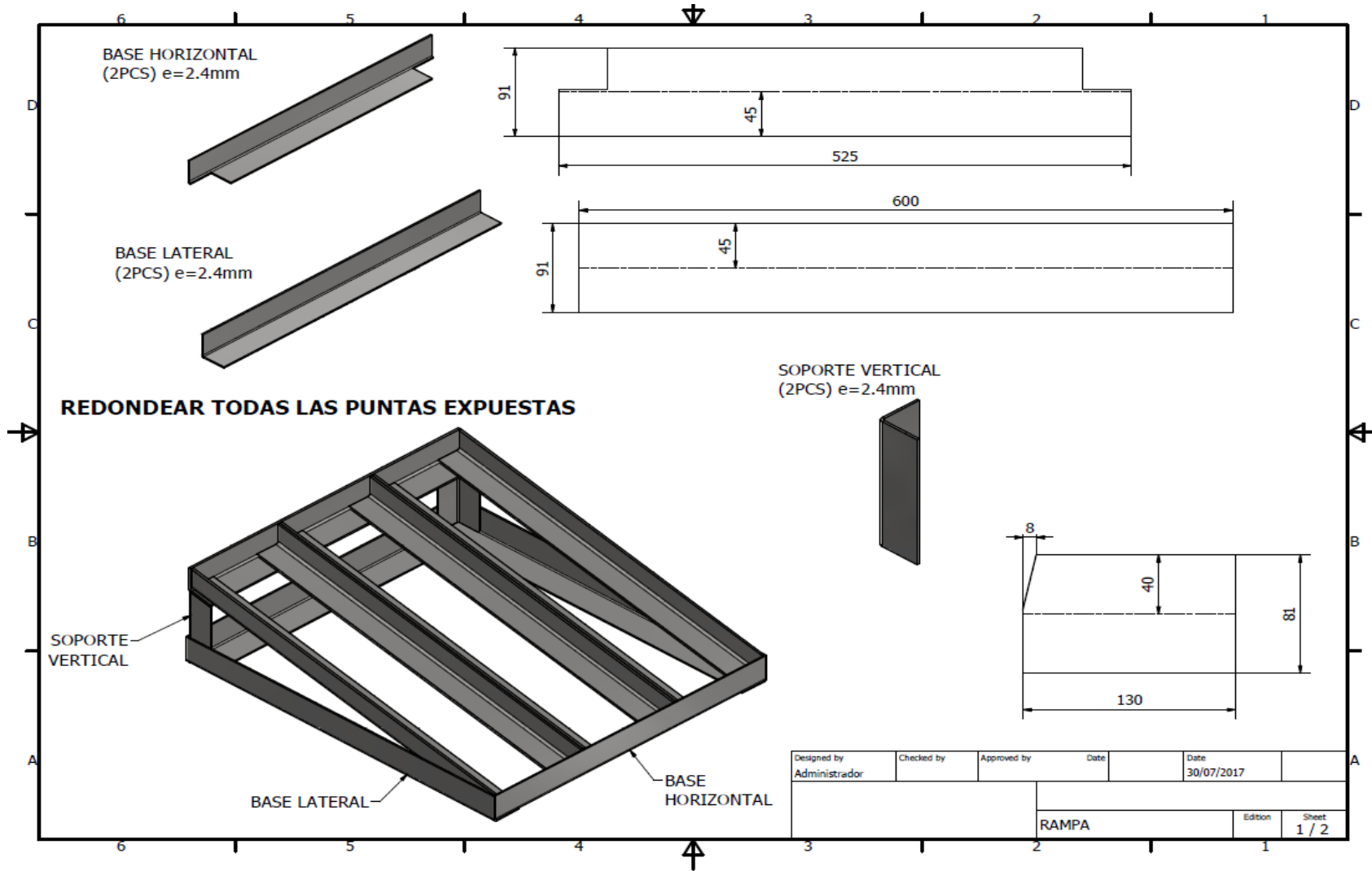


VISTA LATERAL

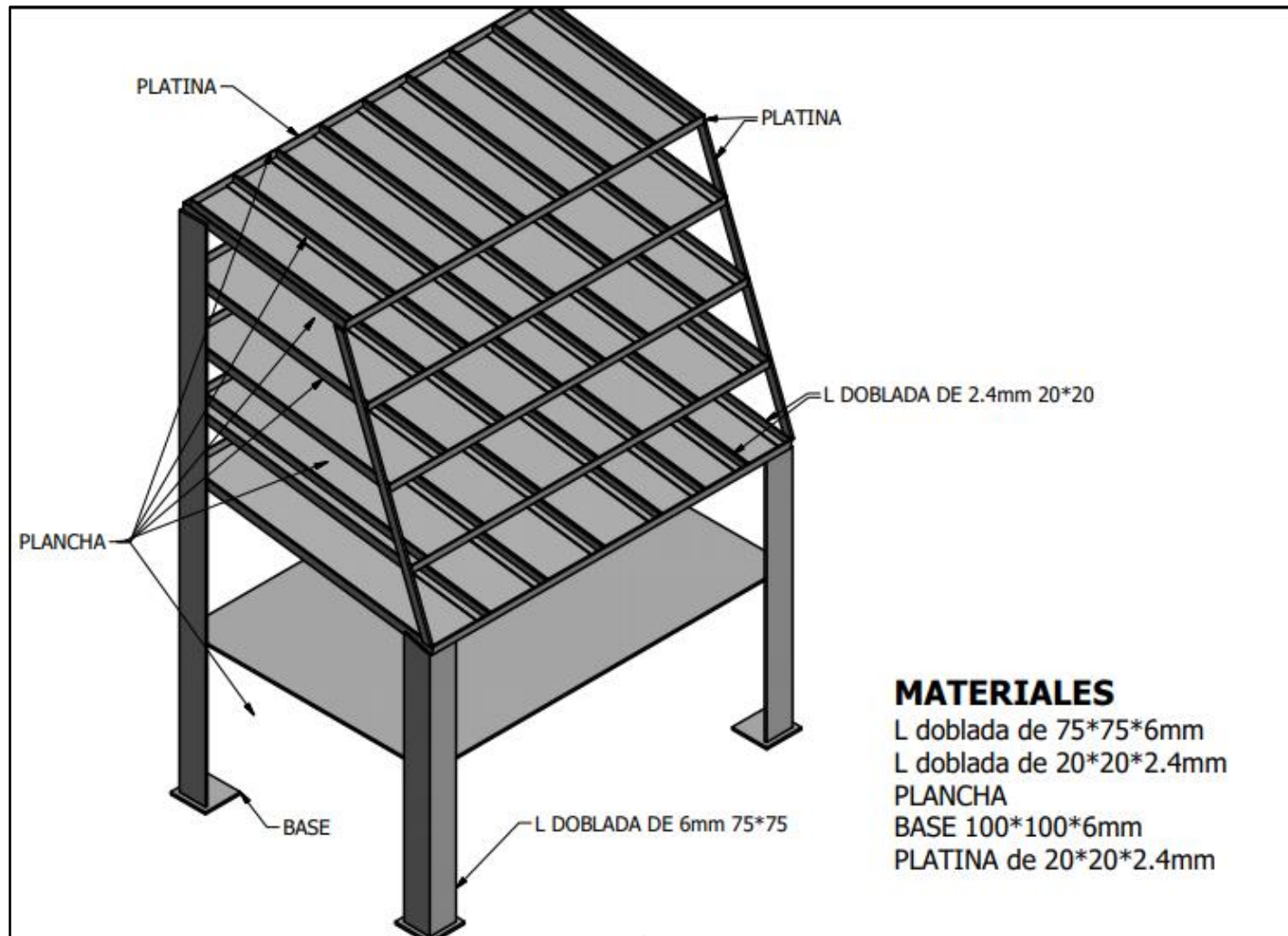


VISTA FRONTAL

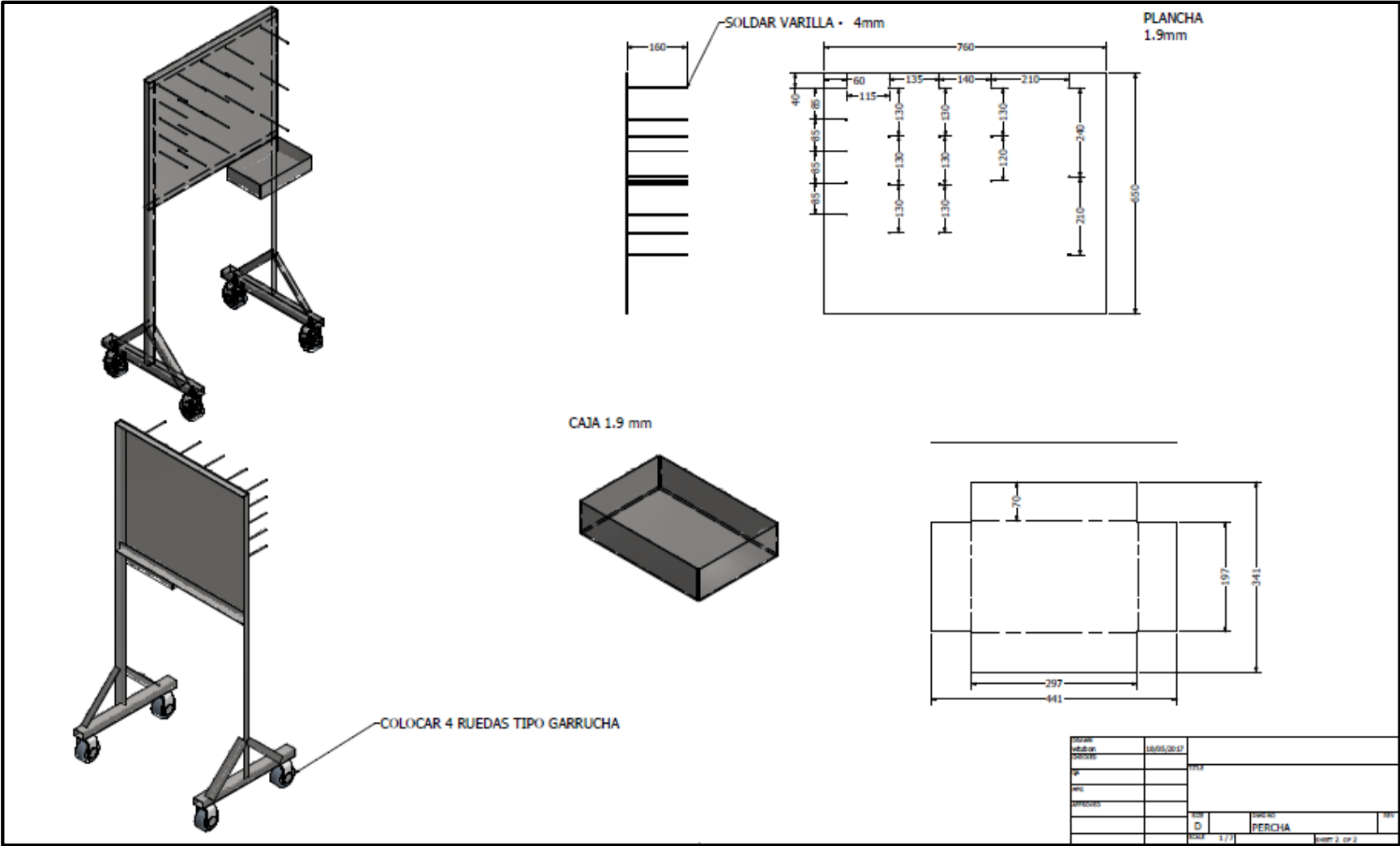
Anexo5.3 Diseño de estantería LM3



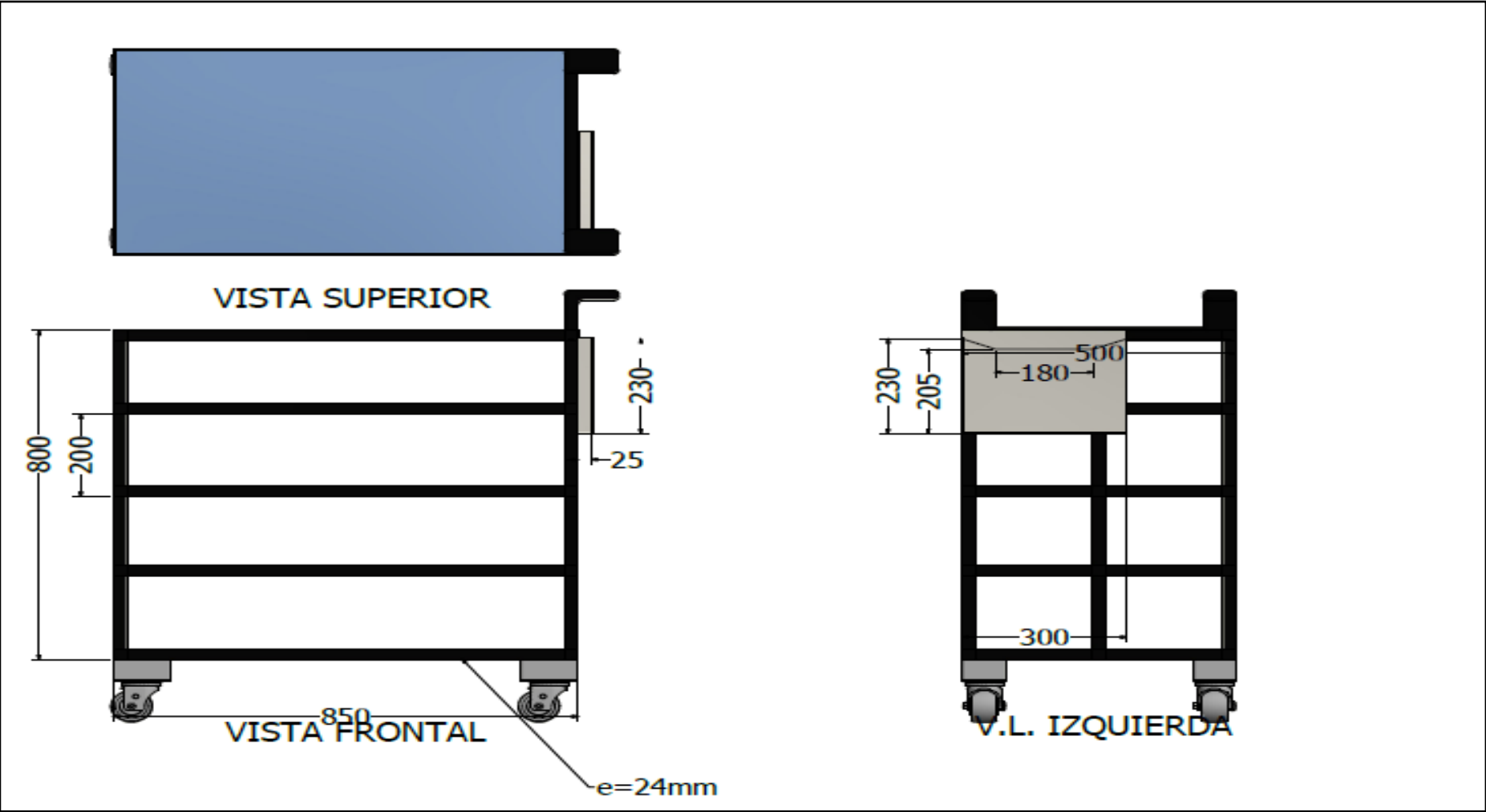
Anexo 5.5 Diseño de estantería LT1.

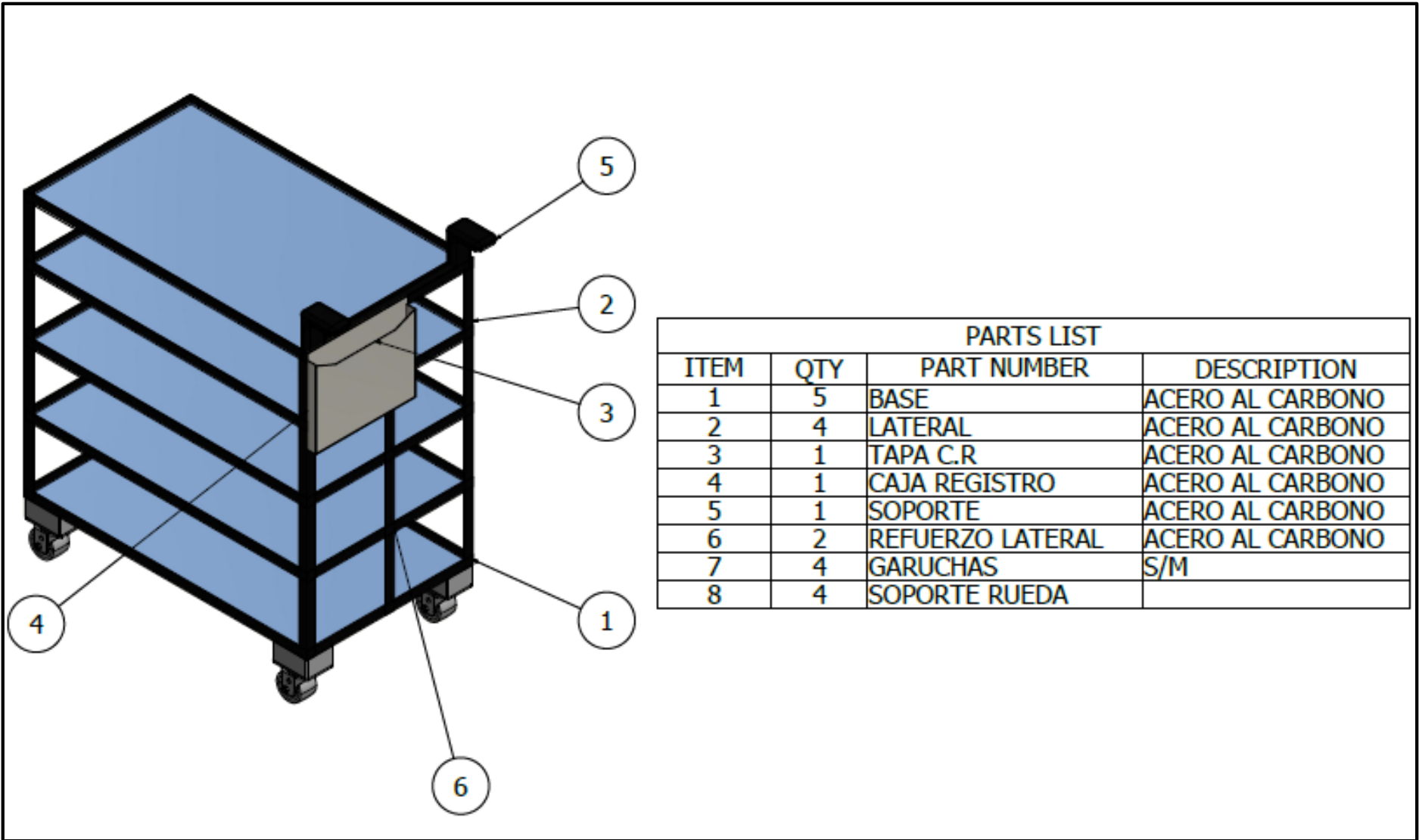


Anexo 5.6 Diseño de percha stickers Monofásicos.



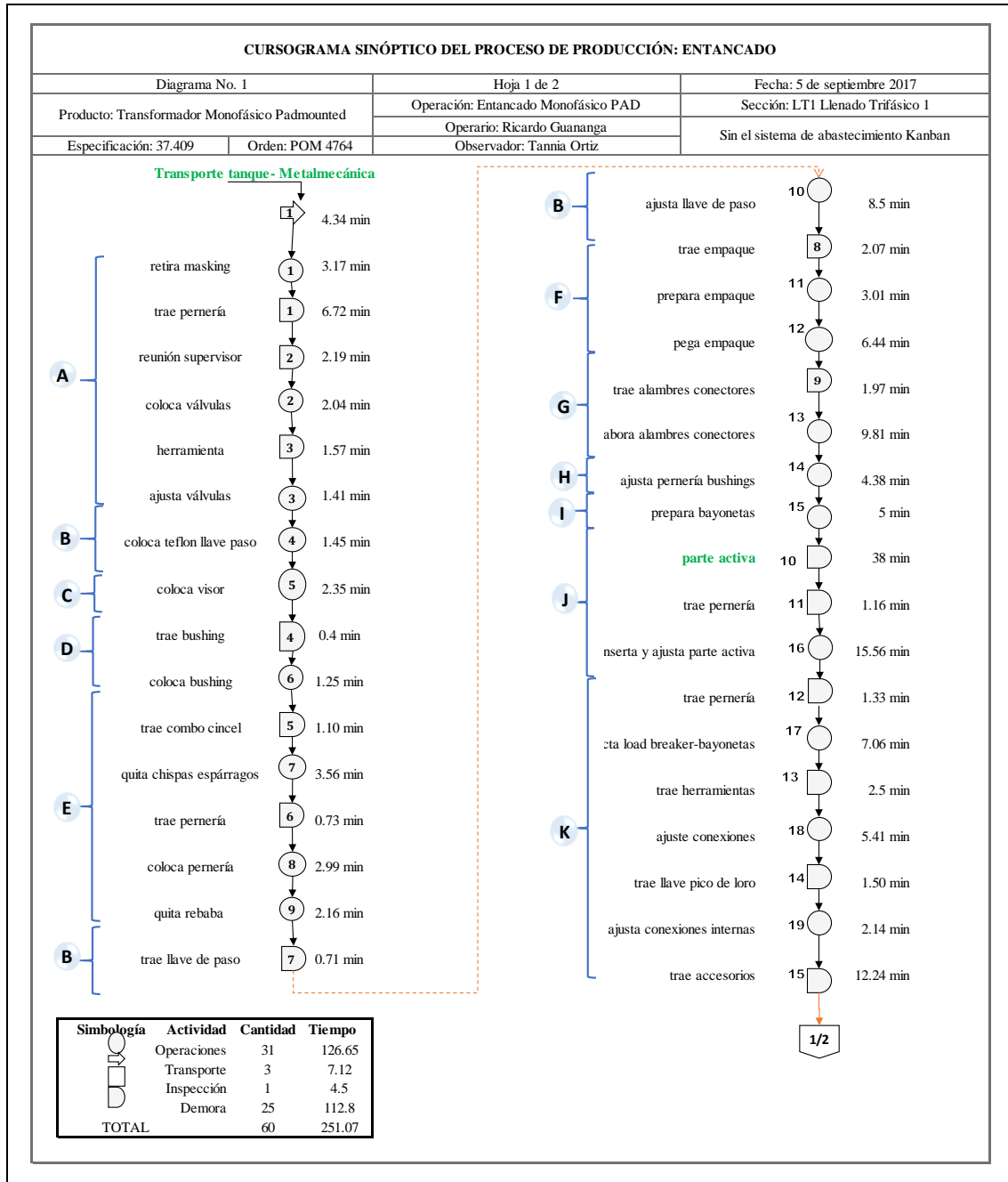
Anexo 5.7 Diseño de coche de transporte Kanba



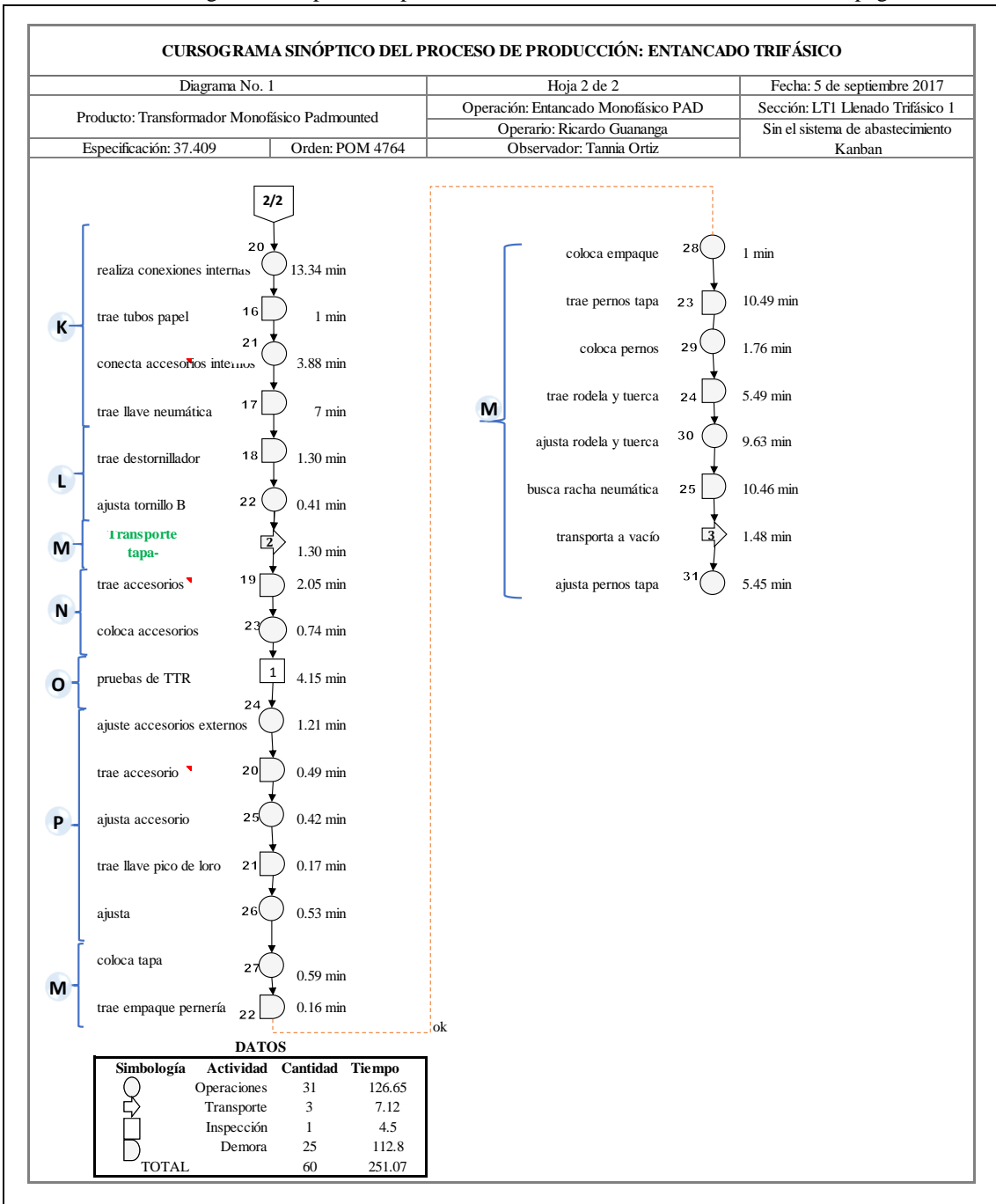


Anexo 7

Anexo 7.1 Cursograma Sinóptico del proceso Entancado, sin abastecimiento Kanban, pág. 1 de 2



Anexo 7.2 Cursograma Sinóptico del proceso Entancado, sin abastecimiento Kanban, pág. 2 de 2



Anexo 7.4 Cursograma Sinóptico del proceso Entancado Trifásico Con abastecimiento Kanban pág. 2 de 2.

