UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"Mejoras en los procesos de producción de una empresa fabricante de luminarias en el Estado Miranda"

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
Presentado ante la
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR Sandra Alay
Vanessa González

PROFESOR GUÍA Ing. José Guevara
FECHA Septiembre de 2012

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"Mejoras en los procesos de producción de una empresa fabricante de luminarias en el Estado Miranda"

Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:_____

JURADO EXAMINADOR

Firma:	**Firma:**	**Firma:**
Nombre: Joubran Díaz	**Nombre: José Guevara**	**Nombre: Yadira Naranjo**

REALIZADO POR: Br. Alay Manrique, Sandra Leonor
Br. González Morantes, Vanessa
PROFESOR GUÍA: Ing. José Guevara
FECHA: Septiembre de 2012

SINOPSIS

El Trabajo Especial de Grado que se presenta a continuación tiene como finalidad evaluar unas propuestas de mejoras, que permitan mejorar los procesos de producción de una empresa fabricante de luminarias. La metodología utilizada para resolver la problemática actual que presenta la empresa en el Departamento de Producción, se fundamenta en realizar una investigación del tipo proyectiva y de campo; para ello se realizaron mediciones de tiempos en los procesos de producción, registros de producción y de control de calidad, y registros de fallas, los cuales contribuyeron a determinar los tiempos promedios para fabricar un subproducto o producto, determinar los principales factores que generan los desperdicios de componentes electrónicos, las causas que originan el retrabajo de los mismos e identificar las fallas existentes en los ensambles de subproductos y productos. Debido a la ausencia de datos registrados en el área de Producción, se procedió a levantar esta información con la finalidad de obtener las soluciones que ayuden a mejorar los procesos de producción, destacándose las siguientes: dispositivos a Prueba de Error para ajustar capacitancia de bobinas y para estandarizar doblado y corte de Diodos Rectifier; Tarjetas de Especificación para el ensamble de tarjetas de control, ensamble de tarjetas de balastros, y para la preparación de los materiales aislantes; y por último un cuadro de indicadores de gestión para medir la eficiencia de los procesos de producción, controlando variables tales como el porcentaje relativo de luminarias y balastros fabricados, las fallas ocurridas en los productos y subproductos, y el desempeño de cada operario, en cuanto al número de piezas reprocesadas, y desechadas por operario, y el número de horas reales trabajadas de cada operario. Con la implementación de estas propuestas, se estandarizarían los procesos de producción que actualmente son fuentes de problemas, evitando errores por descuidos o por la mala aplicación de los métodos de trabajo empleados, e incentivaría la mejora continua de estos procesos y del desempeño de los operarios involucrados, satisfaciendo al cliente final con productos de alta calidad, y obteniendo un incremento de su margen de utilidad.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

1. Descripción del Problema 3

1.1.1 Descripción General de la Empresa 3

1.1.2 Misión 3

1.1.3 Visión 4

1.1.4 Valores 4

1.1.5 Estructura Organizativa 4

1.2 Planteamiento del Problema 5

1.2.1 Interrogantes del estudio 7

1.2.2 Objetivo General 8

1.2.3 Objetivos Específicos 8

1.2.4 Alcance 8

1.2.5 Limitaciones 9

CAPÍTULO II 10

2. Marco Teórico 10

2.1 Antecedentes de Investigación 10

2.2 Fundamentos teóricos 11

2.3 Glosario de Términos 15

CAPÍTULO III 17

3. Marco Metodológico 17

3.1. Tipo de investigación 17

3.2. Población y muestra 17

3.3. Variables de estudio 18

3.4 Técnicas Empleadas en la Recolección de Datos 20

3.5 Instrumentos Empleados para la Recolección de Datos 20

3.6. Descripción de la Metodología Empleada en el Estudio 21

3.6.1. Medición de Tiempo 21

3.7. Fases de la Investigación 21

CAPÍTULO IV 24

4. Situación Actual de la Empresa 24

4.1 Descripción de la empresa 24

4.2 Descripción de los Procesos Generales para la Producción de Luminarias 28

4.3 Descripción de las Operaciones para la Producción de Productos Semiprocesados y Productos Terminados 33

4.4 Listado de Materiales (BOM) 36

4.5 Tiempo Promedio para la producción de Productos Semiprocesados, Terminados y de Garantía 38

4.5 Registro de Fallas y Desechos 39

4.6 Registro de Fallas en Servicio Post-Venta 40

4.7 Registro de Tiempos Reales y de Retrabajo según el Subproducto / Producto 41

4.8 Costos por desecho de componentes electrónicos 42

4.9 Índices de los Procesos de Producción 43

4.10 Causas de las fallas registradas en el ensamblaje de balastros 48

CAPÍTULO V 53

5. Propuestas de Mejoras 53

Nombre de la Propuesta 53

Objetivos 53

Descripción 53

Problemas a Solucionar 53

5.1 Dispositivos a Prueba de Control 55

5.1.1 Dispositivo para ajustar capacitancia de bobinas 55

5.2 Tarjetas de Especificación 59

5.3 Indicadores de Gestión 61

CAPÍTULO VI 69

6.1 Conclusiones 69

6.2 Recomendaciones 70

BIBLIOGRAFÍA 72

ANEXO A. Diagramas SIPOC de Productos Semiprocesados/Terminados 1

ANEXO B Descripción de la Producción de Luminarias 4

ANEXO B.1 Hojas de Instrucción 4

ANEXO B.2 Herramientas de Trabajo 14

ANEXO B.3 Subproductos y Productos 16

ANEXOB.4 Costos 17

ANEXO C. Mediciones de Tiempo para la Producción de Luminarias 18

ANEXOS D. Causas y Diagramas Causa-Efecto de las fallas registradas en Subproductos/Productos 28

ANEXO D.1 Causas de las fallas registradas en el ensamblaje de tarjetas de control 28

ANEXO D.2 Causas de las fallas registradas en las bobinas 31

ANEXO D.3 Causas de las fallas registradas en la Producción de Luminarias 2xPL/2xT5 33

ANEXO D.4 Causas de las fallas registradas en la Producción de Luminarias 4x54W 36

ANEXO D.5 Causas de las fallas registradas en la Producción de Luminarias 6x54W 39

ANEXO D.6 Causas de las fallas registradas en la Producción de Luminarias 6x14W 42

ANEXO E. Registro de fallas de Subproductos/Productos 45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de Antecedentes de Investigación 10
Tabla 2 Operacionalización de las Variables del Estudio 19
Tabla 3 Técnicas para la Recolección de Datos 20
Tabla 4 Instrumentos para la Recolección de Datos Cualitativos 20
Tabla 5 Instrumentos utilizados para la Recolección de Datos Cuantitativos 20
Tabla 6 Tipo de Proceso Productivo 27
Tabla 7 Diagrama SIPOC de Productos Semiprocesados 1 30
Tabla 8 Hoja de Instrucción para Fabricar Tarjetas de Control 34
Tabla 9 BOM para Fabricar (Calibrar) Bobinas 36
Tabla 10 BOM para Fabricar Tarjetas de Control 36
Tabla 11 BOM para Fabricar Balastros para Luminarias 2x54W, 4x54W y 6x54W 36
Tabla 12 BOM para Fabricar Luminarias 2x54W, 4x54W y 6x54W 37
Tabla 13 BOM para Fabricar Luminarias 6x14W 37
Tabla 14 BOM para Fabricar Luminaria 6x14W 38
Tabla 15 Tiempo Promedio de Productos Semiprocesados, Terminados y de Garantía 38
Tabla 16 Totalización de Fallas, Desechos y Tiempo Invertido en Retrabajo 39
Tabla 17 Totalización de Tiempo de Retrabajo en Servicio de Post-Venta 40
Tabla 18 Tiempos Reales y de Retrabajo según el Subproducto / Producto 41
Tabla 19 Totalización de Costos por Desecho 42
Tabla 20 Índices de los Procesos Productivos 47
Tabla 21 Forma de llenar los Reportes de Producción y Control 51
Tabla 22 Formato de Reporte de Producción y Control 52
Tabla 23 Resumen de las Propuestas y Mejoras 53
Tabla 24 Descripción del Dispositivo para calibrar bobinas 58
Tabla 25Descripción del Dispositivo para doblar Diodos Rectifier 58
Tabla 26 Resumen de unidades producidas y retrabajadas según el tipo de luminaria 61
Tabla 27 Formato de Registro de Fallas 63
Tabla 28 Resumen del Tiempo Trabajado por el Jefe de Línea 65
Tabla 29 Diagrama SIPOC de Productos Semiprocesados 2 1
Tabla 30 Diagrama SIPOC de Productos Semiprocesados 3 2
Tabla 31 Diagrama SIPOC de Productos Terminados 3
Tabla 32 Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 6x14W 4
Tabla 33 Continuación de la Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 6x14W5
Tabla 34 Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 2x54W 7
Tabla 35 Continuación de la Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 2x54W8

Tabla 36 Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 4x54W 10
Tabla 37 Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 6x54W 12
Tabla 38 Costos de los componentes electrónicos para el ensamble de tarjetas de control ... 17
Tabla 39 Otros costos de los componentes electrónicos para fabricar las luminarias 17
Tabla 40 Tiempo Promedio para Calibrar Bobinas 18
Tabla 41 Tiempo Promedio para Ensamblar Tarjetas de Control 19
Tabla 42 Tiempo Promedio para Ensamblar componentes electrónicos a Tarjeta Electrónica para Balastro de Luminaria 6x14W 20
Tabla 43 Tiempo Promedio para Ensamblar Tarjeta Electrónica a Cajetín para Luminaria 6x14W 21
Tabla 44 Tiempo Promedio para Realizar Cableado de Luminaria 6x14W 21
Tabla 45 Tiempo Promedio para Ensamblar y Embalar Luminaria 6x14W 22
Tabla 46 Tiempo Promedio para Realizar Prueba de Control a Luminaria 6x14W 22
Tabla 47 Tiempo Promedio en los Procesos para la Producción de Luminaria 2x54W 24
Tabla 48 Tiempo Promedio en los Procesos para la producción de Luminaria 4x54W 25
Tabla 49 Tiempo Promedio para Realizar Prueba de Control a Luminaria 4x54W 25
Tabla 50 Tiempo Promedio en los Procesos para la producción de Luminaria 6x54W 26
Tabla 51 Tiempo Promedio para Realizar Prueba de Control a Luminaria 6x54W 27
Tabla 52 Tiempo Promedio para Realizar Garantía de Balastros 27
Tabla 53 Registro de Fallas 50

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Estructura Organizativa, IVI C.A. 5
Ilustración 3 Fases de Investigación 22
Ilustración 4 Distribución de la Planta de Producción 25
Ilustración 5 Diagrama de Flujo para la Producción de Luminarias 29
Ilustración 6 Diagrama de Flujo de Balastro General 31
Ilustración 7 Diagrama de Flujo de Balastro para Luminaria 6x14W 32
Ilustración 8 Hoja de Instrucción (Figuras) para Fabricar Tarjetas de Control 35
Ilustración 9 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en balastros 50
Ilustración 10 Diagrama de Reportes de Producción y Control 51
Ilustración 11 Dispositivo para ajustar inductancia de bobina 55
Ilustración 12 Dispositivo para ajustar inductancia de Bobina 56
Ilustración 13 Dispositivo para ajustar inductancia de Bobina 56
Ilustración 14 Dispositivo para Estandarizar el doblado y corte de Diodos Rectifier 57
Ilustración 15 Dispositivo para Estandarizar el doblado y corte de Diodos Rectifier 57
Ilustración 16 Dispositivo para Estandarizar el doblado y corte de Diodos Rectifier 58
Ilustración 17 Tarjeta de Especificación para el Ensamble de Tarjetas de Control 60
Ilustración 18 Tarjeta de Especificación para el Ensamble de Tarjetas de Control 60
Ilustración 19 Tarjeta de Especificación para Estandarizar dimensiones de los Materiales Aislantes 60
Ilustración 20 Porcentajes de Fabricación de Luminarias en un período de estudio de 4 semanas 62
Ilustración 21 Porcentaje de Fallas en Luminarias 2x54W para la semana 7 del período de estudio 63
Ilustración 22 Porcentaje de Horas Eficientes por Operario para un período de estudio de 4 semanas 66
Ilustración 23 Porcentajes de Piezas Reprocesadas por Operario para un período de estudio de 4 semanas 67
Ilustración 24 Porcentajes de Piezas Desechadas por Operario para un período de estudio de 4 semanas 67
Ilustración 25 Hoja de Instrucción (Figuras) para fabricar balastros para Luminaria 6x14W 6
Ilustración 26 Hoja de Instrucción (Figuras) para fabricar balastro para Luminaria 2x54W 9
Ilustración 27 Hoja de Instrucción (Figuras) para fabricar balastro para Luminaria 4x54W 11
Ilustración 28 Hoja de Instrucción (Figuras) para fabricar balastro para Luminaria 6x54W 13
Ilustración 29 Herramientas de Trabajo 14
Ilustración 30 Continuación de Herramientas de Trabajo 15

Ilustración 31 Suproductos 16
Ilustración 32 Tipos de Luminarias 16
Ilustración 33 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Tarjetas de Control 30
Ilustración 34 Diagrama Causa-Efecto de Fallas en Bobinas 32
Ilustración 35 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminarias 2xPL/2xT5 35
Ilustración 36 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminarias 4x54W 38
Ilustración 37 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminaria 6x54W 41
Ilustración 38 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminaria 6x14W 44

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el sector industrial la competitividad crece rápidamente, por lo cual, las empresas, independientemente del sector de actividad y de su tamaño, deben ser capaces de satisfacer la demanda y requerimientos de sus clientes, y al mismo tiempo mantener el equilibrio con su situación financiera, debido a esto es necesario adoptar una filosofía de mejora continua en sus procesos de producción, que permita identificar y solucionar sus puntos débiles como organización, para responder rápidamente y de forma efectiva a las condiciones variantes del mercado.

Industria venezolana de Iluminación, C.A. (IVI) es una empresa fabricante de luminarias, la cual, tiene su Sede Principal en el Estado Miranda, ubicada en la Calle la Estancia, local Galpón IVI SN, Urbanización Hacienda La Estancia, Sector Filas de Mariches. En IVI se fabrican diferentes tipos de luminarias: 2x42W, 2x57W, 2x54W, 4x54W, 6x54W y 6x14W. Estas denominaciones significan la combinación de número de bombillos, y la potencia de los balastros correspondientes. Por ejemplo, el producto 2x42W es una luminaria constituida por dos bombillos o tubos fluorescentes, que funcionan con un balastro de 42 Vatios o Watts. Cabe destacar que la relación entre el número de balastros y el número de bombillos o tubos correspondientes en las luminarias, siempre es de uno a dos, es decir, siempre hay un balastro por cada dos bombillos o tubos.

Uno de los principales problemas que desea resolver la empresa es disminuir el tiempo de retrabajo en sus procesos de producción, disminuir el desperdicio de los componentes electrónicos y piezas de los subproductos y productos, los cuales, aumentan el costo de fabricación, así como poder ofrecer en forma continua una excelente calidad en sus productos a los clientes.

El presente informe está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I: Contiene la descripción general de la empresa, donde se enfatiza la misión, visión, valores y estructura organizativa. Incluye también el planteamiento del problema, definido en función de sus síntomas, posibles causas y consecuencias esperadas, de solventarse dichas causas, las interrogantes del estudio, los objetivos general y específicos, los alcances y limitaciones.

Capítulo II: Contiene las bases teóricas del presente estudio, tales como los antecedentes de investigaciones realizadas en temas similares, y un glosario de términos propios de los procesos de producción analizados.

Capítulo III: Contiene el Marco Metodológico, en el cual se especifica el diseño y el tipo de investigación que enmarcan este estudio, la población analizada y sus respectivas muestras, las variables de cada objetivo específico planteado, así como su manera de Operacionalización respectiva. También se explican las diferentes técnicas empleadas para la obtención de datos y el análisis de la información generada.

Capítulo IV: Presenta la Descripción de la Situación Actual de la Empresa, en donde se incluye la descripción de la empresa en el área de interés del estudio, descripción de los procesos generales para la producción de luminarias, descripción de las operaciones para la producción de productos semiprocesados y productos terminados, listado de materiales (BOM), tiempo promedio para para la producción de productos semiprocesados, terminados y de garantía, registro de fallas y desechos, registro de fallas en Servicios de Post-Venta, registro de tiempos eficientes y de retrabajo según el subproducto / producto, Costos por desechos de componentes electrónicos, índices de los procesos de producción, causas de las fallas registradas en el ensamble de balastros y diagrama Causa-Efecto del ensamblaje de balastros.

Capítulo V: Se presentan las Propuestas de Mejoras de acuerdo a los datos obtenidos y procesados en los capítulos anteriores para mejorar el proceso productivo de la empresa.

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones, se plantean las mismas de acuerdo al logro de los objetivos planteados en el presente trabajo.

.

CAPÍTULO I

1. Descripción del Problema

1.1.1 Descripción General de la Empresa

Industria Venezolana de Iluminación, C.A., es una empresa de producción social dedicada al diseño, manufactura y comercialización de soluciones de iluminación, fundada el 25 de Noviembre de 2009 con la finalidad de garantizar la más alta calidad en su gama de productos y el cumplimiento de los más exigentes estándares de producción e innovación, ofreciendo soluciones al sector público y privado. Adicionalmente, Industria Venezolana de Iluminación, C.A., suministra soluciones eficientes a Ingenieros, Arquitectos, Constructoras y Condominios con un costo menor en consumo, instalación y mantenimiento de los sistemas de iluminación.

Esta empresa tiene su Sede Principal en el Estado Miranda, se encuentra ubicada en la Calle la Estancia, local Galpón IVI SN, Urbanización Hacienda La Estancia, Sector Filas de Mariches, teléfonos (212).5320218 - 5320810 - 6147343, y a través de su página web, www.ivi.com.ve. Cuenta además con una oficina de comercialización y promoción de servicios en la zona de Caracas, ubicada en la Urbina, Calle 13, Torre Yamato, PB Local 3H.

Actualmente Industria Venezolana de Iluminación C.A., cuenta con una nómina de empleados, en su sede principal en las actividades productivas donde la masa laboral depende de la magnitud del proyecto a ejecutar el cual permite definir las ordenes de producción.

1.1.2 Misión

“Agregar valor a nuestros clientes mediante la manufactura y comercialización de equipos de iluminación innovadores y de alta calidad siempre comprometidos con la concientización del buen uso y ahorro de los recursos energéticos y respeto al medio ambiente”.

1.1.3 Visión

"Ser empresa de referencia en soluciones de iluminación por la excelencia de nuestros productos, calidad de servicio y asesoría, optimizando la instalación e implementación de los sistemas de ahorro energético y participando responsablemente en la protección de la salud y la economía del planeta".

1.1.4 Valores

Los valores de la Industria Venezolana de Iluminación C.A se definen por lo que creen. Es su esencia, su manera de hacer las cosas, respetando sus preceptos y convicciones, los cuales se dividen en ocho como se muestran a continuación:

- Búsqueda permanente de la excelencia.
- Ética.
- Servicio.
- Respeto.
- Innovación.
- Confiabilidad
- Compromiso Social.
- Preservación del Medio Ambiente.

1.1.5 Estructura Organizativa

La estructura organizativa de la empresa se puede observar en el siguiente organigrama. (Ver Ilustración 1. Estructura Organizativa, IVI C.A. Fuente: RRHH de IVI, C.A).

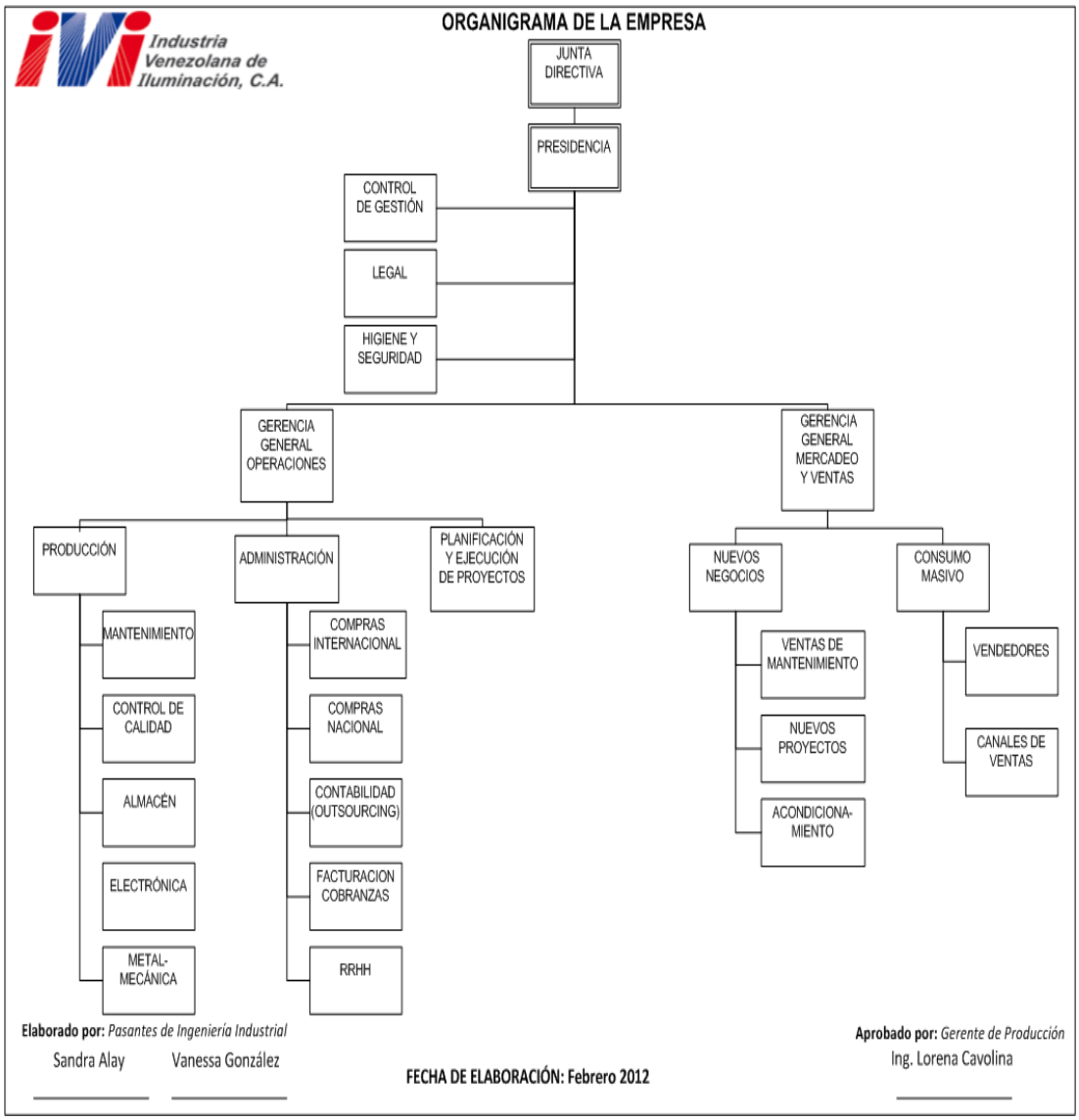


Ilustración 1 Estructura Organizativa, IVI C.A.

Fuente: RRHH de IVI, C.A

1.2 Planteamiento del Problema

Existe preocupación en el Departamento de Producción debido a que se han presentado ciertos defectos tanto en la materia prima como en el producto terminado antes de ser colocados en el mercado, lo cual, pudiera incrementar los costos de producción debido a la cantidad de componentes que son reprocesados o desechados. Estos defectos influyen directamente en la eficiencia de la empresa, por lo cual, se plantea una serie de posibles

causas. (Ver Ilustración 2. Diagrama Causa-Efecto de los Factores que inciden en la Eficiencia).

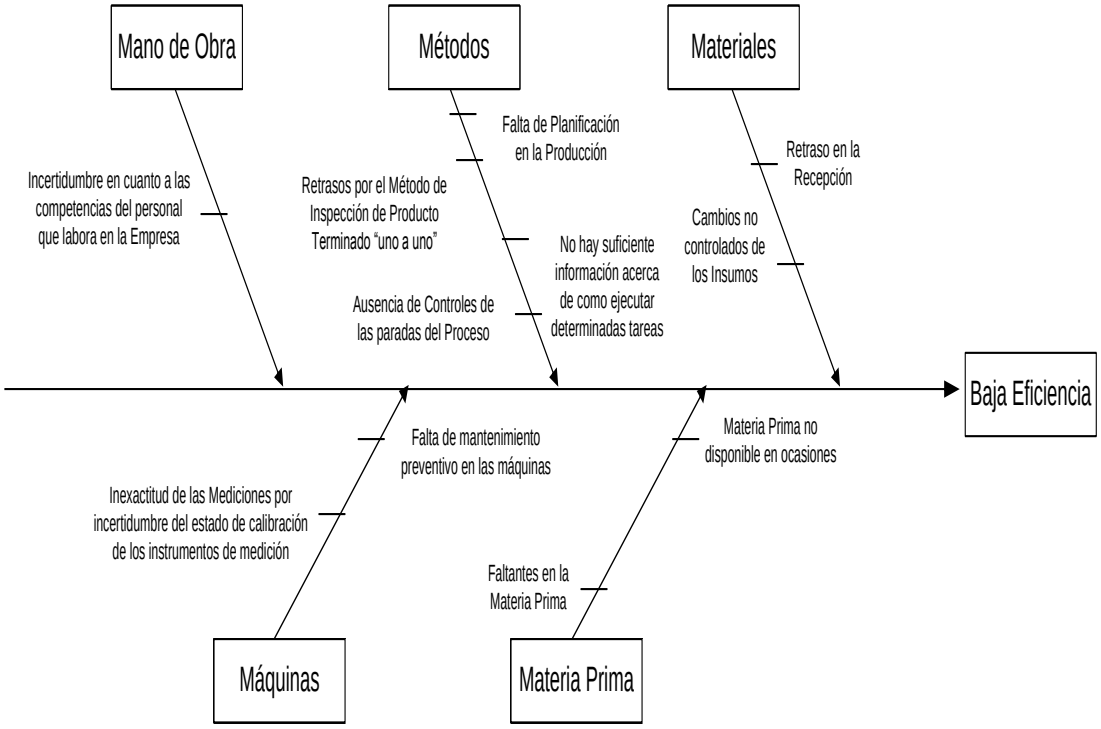


Ilustración 2 Diagrama Causa-Efecto de los Factores que inciden en la Eficiencia.

Fuente: Propia

Además de estas posibles causas están presentes las importaciones, las cuales, se ven afectadas por la dificultad para obtener las divisas para la compra de la materia prima, las cuales, pudieran generan un retraso importante en el proceso de producción y otro factor importante que se debe tomar en cuenta es en el área de Recursos Humanos, la cual, debería aplicar una selección más rigurosa en el reclutamiento del personal a laborar en la empresa y a su vez dar una mayor capacitación a los operarios con el objetivo de mitigar los posibles retrasos en la fabricación de las luminarias.

De no atender las causas de los problemas que afectan a la eficiencia en los procesos de producción, se puede desmejorar la calidad, la eficacia y la competitividad de la empresa.

1.2.1 Interrogantes del estudio

Del planteamiento del problema anteriormente se pueden formular las siguientes interrogantes para comenzar a realizar el estudio de la problemática existente:

- ¿Qué tipos de defectos y con qué frecuencia se presentan en los balastros adquiridos?
- ¿Cuáles son las características y cantidades de los defectos presentes?
- ¿Cuáles son las características y especificaciones de la materia prima?
- ¿Cuáles son las características de los insumos utilizados en los procesos de producción?
- ¿Cuáles son las especificaciones de los productos generados en los procesos de producción?
- ¿Existen pruebas para controlar la calidad de los productos en los procesos de manufactura?
- ¿Cuáles son los costos generados por los desperdicios producidos durante el proceso productivo?
- ¿Existen indicadores de la eficiencia en los procesos de producción?
- ¿Se podrá mejorar la eficiencia de los productos y de los procesos?

1.2.2 Objetivo General

Proponer mejoras en los procesos de producción de una empresa fabricante de luminarias.

1.2.3 Objetivos Específicos

- Caracterizar los procesos de producción.
- Caracterizar los productos fabricados.
- Determinar las causas de los problemas que afectan a los procesos de producción.
- Formular acciones para solucionar las causas de los problemas analizados.

1.2.4 Alcance

El estudio se realizará en las instalaciones físicas donde se desarrollan los procesos del departamento de producción de la empresa, el cual depende de la Gerencia General de Operaciones de la empresa. Las áreas que serán objeto de análisis en dicho departamento son las concernientes a las líneas de producción, el control de calidad de productos, y los almacenes de materia prima y producto terminado. Los productos que serán analizados son los siguientes: 2x54W, 4x54W, 6x54W y 6x14W, las cuales, generan la mayor utilidad a la empresa.

- En cuanto a los procesos de producción que serán estudiados, son los concernientes a la fabricación de luminarias.
- Los productos documentales que evidenciarían el logro de los objetivos específicos propuestos, son los Flujogramas, Diagramas de Operaciones, e instrucciones de trabajo de los procesos de Fabricación y Control de Calidad de luminarias; el Mapa de Procesos y el Diagrama SIPOC para la presentación de los procesos involucrados en la Fabricación de luminarias. El análisis de las causas de los problemas que se detecten será mediante un Diagrama Causa-Efecto, conocido también como Espina de Pescado o de Ishikawa. En la jerarquización cuantitativa de las causas de los problemas, se emplearán gráficos circulares, entre otros que pudiesen aplicar. También se desarrollarán indicadores de control para medir y evaluar la eficiencia de los procesos a ser estudiados.

1.2.5 Limitaciones

- Es posible que exista cierta limitación al acceso de algunas fuentes de información, en el área de trabajo, tales como por ejemplo, en el área de electrónica, donde se fabrican las tarjetas electrónicas para los balastros que componen las luminarias manufacturadas, ya que este proceso es considerado confidencial por la organización.
- Otro proceso considerado confidencial, y que por el cual puede haber restricciones para conseguir datos e información para el desarrollo del presente estudio, es el de importación de materia prima y componentes de las luminarias.
- También existen limitaciones para la obtención de los costos de producción, lo cual puede afectar en la calidad de los análisis realizados.
- Se estima que no hay disponibilidad de registros de las cantidades y características de los defectos que han ocurrido en el proceso de fabricación de luminarias.
- Por motivo de la empresa que fue fundada hace dos años, de acuerdo a lo expuesto en la descripción general de la empresa, es posible que no se disponga de suficientes datos para analizar las causas de los problemas que afectan a la eficiencia.

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico

2.1 Antecedentes de Investigación

Para la realización del presente Trabajo Especial de Grado, fue necesario la consulta y apoyo de Trabajos Especiales de Grado y Trabajo de Pasantía previos, relacionados con el tema o con la empresa donde se realizó el estudio y de esta forma generar de ideas y realizar comparaciones que permitan generar una serie de propuestas con el fin de resolver el problema actual.

Se consultaron varios autores de la misma casa de estudio, los principales son los que se muestran a continuación en la Tabla 1. Resumen de Antecedentes de Investigación:

Título	Área de Estudio	Autores y Tutor	Institución y Fecha	Objetivo General
"Elaboración de la propuesta del programa de seguridad y salud en el trabajo en una empresa dedicada al diseño, manufactura y comercialización de soluciones en iluminación, ubicada en el Estado Miranda"	Ingeniería Industrial	Autores: Pedro Alberto Abreu Villoria y Cristian Jesús Zapata Zapata. Tutor: Ing. Alexander Álvarez	UCAB Febrero 2012	Elaborar la propuesta del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo en una empresa dedicada al diseño, manufactura y comercialización de soluciones en iluminación, ubicada en el Estado Miranda.
"Elaboración de un manual de procedimientos y de un instructivo de operaciones de una empresa fabricante de luminarias ubicada en el Estado Miranda"	Ingeniería Industrial	Autores: Vanessa Gónzalez Morantes. Tutor: Ing. José Guevara.	UCAB Abril 2012	Elaborar un Manual de Procedimientos del área de producción, de una empresa fabricante de balastros y luminarias, ubicada en Filas de Mariches, Estado Miranda.
"Diseño de Propuestas para mejorar la Productividad en una de las líneas de envasado pertenecientes a una empresa productora de bebidas no alcohólicas de consumo masivo en Venezuela"	Ingeniería Industrial	Autor: Sandra Milena Rozo Guerrero. Tutor: Ing. Maximiliano Giunta.	UCAB Octubre 2009	Desarrollar una propuesta para mejorar la productividad de una de las líneas de envasado pertenecientes a una empresa productora de bebidas no alcohólicas de consumo masivo en Venezuela.

Tabla 1 Resumen de Antecedentes de Investigación

2.2 Fundamentos teóricos

2.2.1 Ingeniería de Métodos

Según Niebel y Freivalds (2004), muchas técnicas como análisis de operaciones, diseño y simplificación del trabajo, ingeniería de métodos y reingeniería corporativa, se usan frecuentemente con el objetivo de aumentar la producción o disminuir el costo por unidad de tiempo en la producción y de esta forma mejorar la productividad.

La ingeniería de métodos se enfoca en el diseño, creación, selección y desarrollo de los diferentes centros de trabajo donde se realizará el producto. Este sistema debe continuamente estudiar los centros de trabajos y seleccionar los mejores métodos, procesos, herramientas, equipo y habilidades de producción para fabricar un producto y aumentar su calidad.

2.2.2 Estudio de métodos

Kanawaty (1996) definió que el estudio de métodos consiste en registrar y examinar detalladamente las formas de ejecutar tareas, actividades y operaciones con el objeto de realizar la implementación de mejoras en el proceso. Incluye la medición del trabajo que es una técnica para determinar el tiempo que utiliza un trabajador competente en realizar una tarea de acuerdo a un patrón de rendimiento preestablecido.

2.2.3 Estudio de trabajo

De acuerdo a lo expuesto por Kanawaty (1996):

El estudio del trabajo es un examen metódico de los procesos para realizar actividades aprovechando eficazmente la utilización de los recursos y para establecer patrones de rendimiento de las actividades que se están ejecutando.

El estudio de trabajo toma en cuenta el tiempo de preparación, el cual, es importante ya que contiene el tiempo dedicado a obtener herramientas y materiales, preparar el puesto de trabajo para la producción, limpiarlo y regresar las herramientas al almacén. Generalmente es difícil controlar ese tiempo y el trabajo que se hace es menos eficiente.

2.2.4 Estudio de tiempos

Kanawaty (1996) definió que el estudio de tiempos es una técnica de la medición del trabajo utilizada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo respecto a los elementos de una

determinada tarea, bajo las condiciones existentes durante el proceso y a su vez sirve para analizar los datos e investigar el tiempo requerido para realizar la tarea según un patrón de ejecución preestablecido.

2.2.4.1 Métodos para el estudio de tiempos:

Entre las técnicas más conocidas para la medición de tiempos, destacan el método de tiempos continuos y el método de regreso a cero. Niebel y Freivalds (2004), definen ambos métodos, como sigue a continuación:

- ***Método de tiempos continuos:*** En este método el cronómetro está activado durante todo el estudio observado.
- ***Método de regreso a cero*:** En este método después de leer el tiempo registrado en el punto final de cada elemento, el cronómetro se reconfigura a cero y de este modo el tiempo del siguiente elemento se inicia a partir de cero.

2.2.5 Tipos de estrategia de procesos

Según lo definen Heizer y Render (2007), los productos o servicios se producen haciendo uso de alguna diferenciación de cuatro estrategias de procesos como son las siguientes: enfoque a proceso, enfoque repetitivo, enfoque a producto y enfoque a la personalización en masa.

2.2.5.1 Enfoque a proceso

Heizer y Render (2007) plantearon que el enfoque a proceso se caracteriza por producir un bajo volumen de una alta variedad de productos en talleres. Estas instalaciones se configuran de acuerdo a las actividades o procesos específicos tomando en cuenta los equipos, layout y supervisión existentes. En este tipo de enfoque, la flexibilidad del producto es alta ya que los productos se mueven intermitentemente entre los procesos. Además se diseña cada proceso para desarrollar una amplia variedad de actividades y responder de forma inmediata ante cualquier tipo de variación.

2.2.5.2 Enfoque repetitivo

El enfoque repetitivo es un híbrido del enfoque de proceso y del enfoque a producto, el cual, utiliza módulos que son componentes previamente preparados.

2.2.5.3 Enfoque a producto

El enfoque a producto se caracteriza por producir un gran volumen con baja variedad de productos, las instalaciones se establecen alrededor del producto. Otra característica de este tipo de enfoque es que poseen series de producción continuas y largas.

2.2.5.4 Enfoque a la personalización en masa

El enfoque a la personalización en masa se caracteriza por producir un gran volumen con una alta variedad de productos según las especificaciones y la demanda del cliente.

2.2.6 Productividad

Según Heizer y Render (2007), la productividad es el cociente entre la producción (bienes y servicios) y los elementos productivos (recursos).

La mejora de la productividad se puede lograr de dos formas:

1. Reduciendo los elementos productivos mientras la producción permanece constante.
2. Aumentando la producción mientras los elementos productivos permanecen constantes.

Una mejorar productividad significa una mejor eficiencia.

Un mejor aporte del trabajo en la productividad se debe a tener un personal más saludable, con un buen nivel de formación, etc.

2.2.7 Eficiencia

De acuerdo a lo definido por Niebel y Freivalds (2004), la eficiencia es la razón de la producción real entre la producción estándar, es decir, la óptima utilización de los recursos disponibles para generar los resultados deseados.

2.2.8 Costo de la calidad

Según Heizer y Render (2007), algunos costos de calidad que se deben tomar en cuenta son:

- **Costos de prevención:** Costos generados para mitigar las causas potenciales de producción de piezas o servicios defectuosos.
- **Costos de inspección o control:** Costos generados al evaluar los productos, procesos, componentes o servicios.

- **Fallos internos:** Costos generados por la producción de componentes o servicios defectuosos antes de ser entregados al cliente.
- **Costos externos:** Costos que surgen después de entregar componentes o servicios defectuosos.

2.2.9 Diagrama Causa-Efecto

De acuerdo a Niebel y Freivalds (2004), el diagrama causa-efecto se define como un método que se utiliza para puntualizar la existencia de un problema e identificar los factores que contribuyen para generarlo.

Algunas principales causas que se consideran son: humanas, máquinas, métodos, materiales, entorno, administración, etc, cada una posee subcausas.

2.2.10 Takt Time

De acuerdo a lo expresado por Villaseñor y Galindo (2007), en muchas ocasiones la empresa no puede hacer la entrega a tiempo a sus clientes, este problema se puede solventar al determinar el takt time de cada orden de pedido con el objetivo de poder planificar la producción de cada cliente y así disminuir o evitar en mayor proporción los retrasos en las entregas de los pedidos.

Este tipo de método a su vez permite observar cuáles son los operarios que tienen mayor rendimiento en la jornada laboral y con ello realizar un balance de trabajo entre los operarios para aumentar el tiempo productivo y mitigar los tiempos de ocio, los cuales, pueden emplearse en la producción de más productos.

2.2.11 Kanban

Una de las técnicas de manufactura esbelta definidas por Villaseñor y Galindo (2007), es el Kanban, el cual, es un sistema que utiliza tarjetas de instrucción para producir o retirar algo del sistema de producción.

2.2.12 Poka Yoke

Según Villaseñor y Galindo (2007), los sistemas de Poka Yoke ayudan al operador a evitar errores y no defectos en sus actividades, debido a olvidos o al realizar operaciones

incorrectas en el proceso de producción, los cuales, se previenen con el uso de dispositivos especialmente diseñados según sea el caso.

2.2.13 Principio de reducción de costos

Según Alberto Villaseñor y Edber Galindo (2007), uno de los problemas actualmente es la reducción de los costos y tiempos de entrega, manteniendo una alta calidad en el producto o servicio ofrecido al cliente. Para solucionar estos es necesario eliminar el desperdicio en los procesos de producción.

2.3 Glosario de Términos

Los siguientes términos se tomaron del informe de pasantía "Elaboración de un manual de procedimientos y de un instructivo de operaciones de una empresa fabricante de luminarias ubicada en el Estado Miranda".

2.3.1 Balastro

El Balastro es un dispositivo que a través de resistencias, inductancias, capacitancias o componentes electrónicos, solos o en combinación, regulan la corriente, la tensión y la forma de onda de una lámpara a los valores requeridos para un apropiado encendido y operación.

2.3.2 Resistencia

La resistencia es la medida de un objeto con respecto a la oposición al paso de corriente.

2.3.3 Condensador

El condensador es un dispositivo pasivo capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico.

2.3.4 Diodo

El diodo es un componente electrónico con dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido.

2.3.5 Diac

El diac es un componente electrónico que está preparado para conducir en los dos sentidos de sus terminales.

2.3.6 Driver

El driver es un transformador que que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia.

2.3.6 Transformador o Bobina

El transformador o bobina es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia.

2.3.7 Fusible

El fusible es un dispositivo, compuesto por un soporte adecuado, un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por Efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

2.3.8 Téster

El téster es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como: corrientes y potenciales (tensiones) o pasivas como: resistencias, capacidades y otras. Las mediciones se realizan utilizando corriente continua o alterna. Los tipos de téster pueden ser: analógicos o digitales.

CAPÍTULO III

3. Marco Metodológico

En el desarrollo de este capítulo se describe la metodología empleada, recursos y técnicas necesarios para la realización del estudio. Contempla, además, las variables del estudio, población y muestra, instrumentos para recolección de datos y fases de la investigación.

3.1. Tipo de investigación

El desarrollo de este Trabajo Especial de Grado se hace bajo el tipo de investigación *proyectiva* por tratarse de una propuesta de mejora en el indicador de eficiencia en la producción de balastros y luminarias. De acuerdo a lo señalado por Hurtado (1998), se define como investigación proyectiva "a todas aquellas investigaciones que conducen a inventos, programas, diseños o a creaciones dirigidas a cubrir una determinada necesidad". Es por tal razón, que el producto de la investigación se basará en la propuesta, descripción y justificación de cambios que, comprobada su viabilidad, vengan a satisfacer las necesidades de la organización con respecto a la producción de balastros y luminarias.

El enfoque usado en la investigación puede considerarse cualitativo por el análisis de datos provenientes de observación directa y entrevistas estructuradas además de métodos cuantitativos para la interpretación y análisis numérico de la información obtenida.

La estrategia usada para la recolección de datos fue de campo. La investigación de campo según Arias (2004) "consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables alguna" (p. 94).

3.2. Población y muestra

Según Arias (2004), "la población, o en términos más objetivos la población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características para los cuales serán conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por los problemas y los objetivos de estudio". (p.81)

Industria Venezolana de Iluminación, C.A., cuenta actualmente de su estructura organizativa con 26 cargos desagregados en gerencias operativas y administrativas. La Junta Directiva de la empresa cuenta con tres (3) miembros fundadores y accionistas, quienes a su vez ocupan cargos gerenciales dentro de la empresa. Para efectos del presente Trabajo Especial de

Grado, se delimito el estudio a la sede principal de la empresa ubicada en el Estado Miranda y a los empleados que allí laboran.

Debido a que el estudio se basa en el área de producción y en los cargos asociados a ésta, se realizó un censo de aquellos puestos ocupados por personal que labora en la sede principal de la empresa. Por tal razón la población y la muestra están constituidas por la totalidad de empleados con los que cuenta la Industria Venezolana de Iluminación, C.A. y que están estrechamente relacionados con la producción de balastros y luminarias.

3.3. Variables de estudio

En la Tabla 2. Operacionalización de las Variables del Estudio, que se presenta a continuación, se muestran los objetos del estudio, indicadores, fuentes, técnicas e instrumentos utilizados y el resultado que a partir de ellos se obtiene. Resulta imperativa la identificación de las variables como punto de partida y base de la investigación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Caracterizar los Procesos de Producción.	Procesos de Producción	Procesos de Producción de Luminarias. Procesos de Producción de Balastros.	Mapas de Procesos de Producción. Procedimientos de Ensamblaje. Instrucciones de Trabajo.	• Entrevistas No Estructuradas • Revisión y Análisis Documental
Caracterizar los Productos Fabricados.	Productos	Balastros Luminarias 6x14W Luminarias 4x54W Luminarias 2xPL/2xT5 Luminarias 6x54W	• Especificaciones técnicas de los Balastros. • Especificaciones técnicas de las Luminarias 6x14W. • Especificaciones técnicas de las Luminarias 4x54W. • Especificaciones técnicas de las Luminarias 2xPL/2xT5. • Especificaciones técnicas de las Luminarias 6x54W.	• Revisión y Análisis Documental. • Observación Directa. • Entrevistas No Estructuradas.
Determinar las causas de los problemas que afectan a los procesos de producción.	Problemas que afectan a los procesos de producción de balastros y luminarias. Causas que ocasionan los problemas analizados en los procesos de producción.	Mano de Obra Materia Prima Herramientas de Trabajo Métodos de Trabajo	• Reportes de Retrabajos. • Reportes de Rechazos de Productos. • Reportes de Retrasos en la Fabricación de Lotes de Pedidos. • Análisis Causa – Efecto. • Estudios de Tiempos.	• Observación Directa. • Entrevistas No Estructuradas. • Mediciones de Tiempos. • Reportes Diarios de Producción.
Formular acciones para solucionar las causas de los problemas analizados.	Acciones correctivas para solucionar las causas de los problemas analizados. Causas que ocasionan los problemas analizados en los procesos de producción. Problemas que afectan a los procesos de producción de balastros y Luminarias.	Mano de Obra Materia Prima Herramientas de Trabajo Métodos de Trabajo	• Propuestas de Mejoras para los Procesos de Producción de Balastros. • Propuestas de Mejoras para los Procesos de Producción de Luminarias 6x14W. • Propuestas de Mejoras para los Procesos de Producción de Luminarias 4x54W. • Propuestas de Mejoras para los Procesos de Producción de Luminarias 2xPL/2xT5. • Propuestas de Mejoras para los Procesos de Producción de Luminarias 6x54W.	• Técnicas de Manufactura Esbelta. • Técnicas de Estandarización de Procesos. • Técnicas de Control de Procesos. • Técnicas de Control de la Calidad.

Tabla 2 Operacionalización de las Variables del Estudio

3.4 Técnicas Empleadas en la Recolección de Datos

TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Entrevista	Técnica basada en el diálogo o conversación "cara a cara", entre el entrevistador y el entrevistado, acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida. (Arias 2006, p.73).
Observación Directa	Técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetos de investigación preestablecidos. (Arias 2006, p.69)
Observación No Participante	Es la utilización que se hace de los sentidos para la percepción de hechos o fenómenos que nos rodean o son de interés del investigador. La selección científica se da a partir de la selección deliberada de un fenómeno o aspecto relevante de éste, mediante la utilización del método científico. (Madeleine Grawitz (1975), p.128).
Revisión Documental	Proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (Arias 2006).

Tabla 3 Técnicas para la Recolección de Datos

3.5 Instrumentos Empleados para la Recolección de Datos

Tomando en consideración el tipo y diseño de la investigación, al igual que los objetivos propuestos que se deberían alcanzar, los datos fueron recaudados haciendo uso de los siguientes instrumentos.

INSTRUMENTO	DESCRIPCIÓN
Lista de Chequeo	Instrumento en el cual se especifica la presencia o ausencia de un aspecto o conducta a ser observada. Esta técnica examina, reconoce y verifica las condiciones de un fenómeno en particular a través de una serie de preguntas o afirmaciones que son respondidas de acuerdo a la situación presentada en el momento.
Hojas de Toma de Tiempos	Instrumento en el cual se especifica la actividad del proceso productivo del cual se quiere obtener el tiempo con el fin de facilitar las anotaciones.
Reporte de Producción	Instrumento en el cual se especifica las actividades y cantidades generadas en el proceso de producción.

Tabla 4 Instrumentos para la Recolección de Datos Cualitativos

Imagen	Instrumento	Marca y Modelo	Rango de Medida	Error de Apreciación	Unidades
	Cinta métrica (Flexómetro)	STANLEY 5509 Flexómetro EASILOCK II 8m	(0-8) m	0.001m	Metro(m) /pies(ft)
	Cronómetro	Casio Hs-3v-1r	9 horas 59 min 59,99 seg	0,83 seg	1/100 de segundo

Tabla 5 Instrumentos utilizados para la Recolección de Datos Cuantitativos

3.6. Descripción de la Metodología Empleada en el Estudio

3.6.1. Medición de Tiempo

Las Mediciones de tiempo fueron tomadas para los diferentes puestos de trabajo, basadas en un cronograma de diferentes actividades a cronometrar de acuerdo a la producción de un determinado producto en proceso. La planificación del muestreo diario de medición de tiempo se llevó a cabo de forma intencional, por consideraciones preestablecidas.

El método utilizado para la medición del tiempo en la calibración de las bobinas, fue el de tiempo continuo, ya que las diferentes actividades involucradas en su producción ocurren en un período de tiempo muy corto, lo cual, dificultaba el seguimiento de todas las actividades. Por otra parte, el método utilizado en el estudio del ensamble de balastros, realizar el cableado de luminarias y Pruebas de Control, fue de regreso a cero, ya que el intervalo entre actividad y actividad permitió una holgura para el registro de tiempos.

3.6.2. Reporte de Control

El formato de Reporte de Control, se aplicó en la producción diaria de balastros y luminarias. En éste se registraron: el proceso realizado, las piezas aceptadas, piezas rechazadas, piezas de desecho y las fallas encontradas en cada actividad realizada por operario.

3.6.3. Lista de Verificación de Fallas

En el período que se realizó las Pruebas de Control a los diferentes tipos de Luminaria, se utilizó una Lista de Verificación de Fallas, en donde se comprueba él o los componentes electrónicos de desecho, luego de encontrar la falla y sus causas.

3.7. Fases de la Investigación

Para dar respuesta a los objetivos del presente Trabajo Especial de Grado, se elaboró un esquema estructurado en cuatro (4) fases, para representar la forma en la cual se trabajó. A continuación se presenta un esquema con lo expuesto anteriormente. (Ver Ilustración 3. Fases de Investigación).

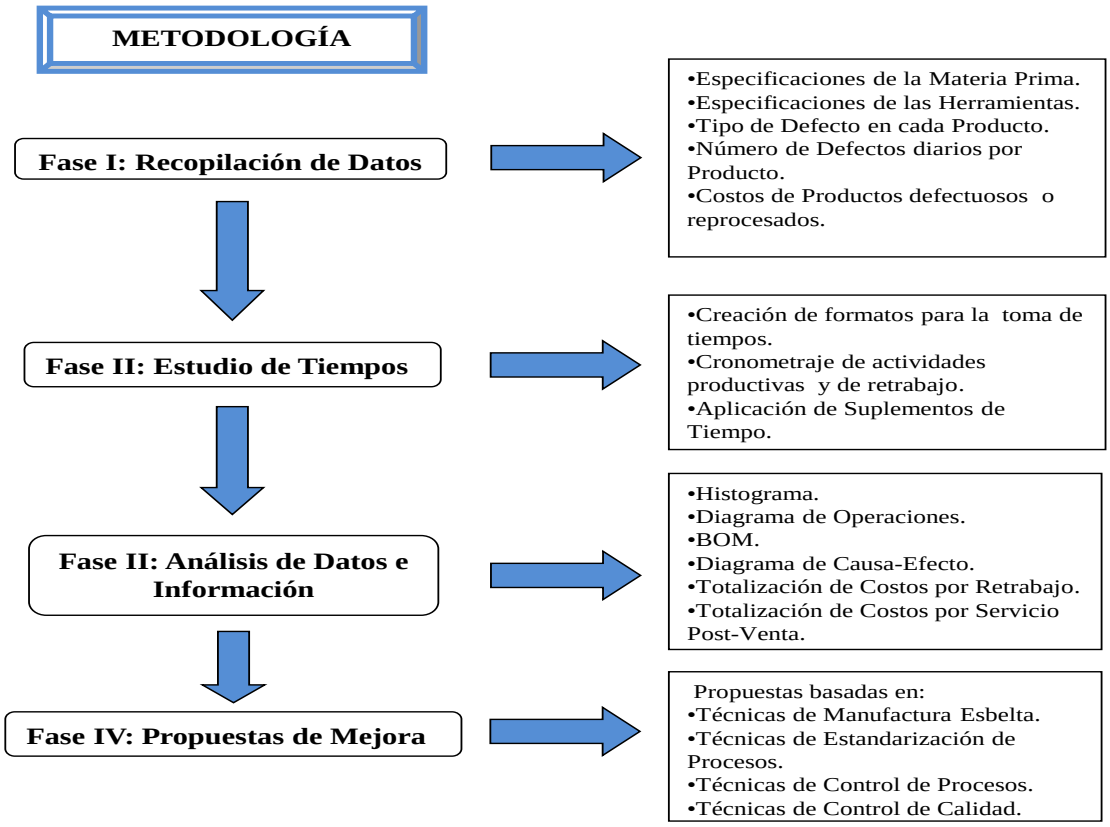


Ilustración 3 Fases de Investigación

3.7.1. Fase I

En esta fase se procedió a realizar el estudio de tiempos de las diferentes operaciones involucradas en el proceso productivo, por cada puesto de trabajo. En primer lugar, se realizó una muestra piloto, de tipo aleatoria simple, de los tiempos de las operaciones realizadas por los trabajadores en los procesos de producción de balastros y luminarias.

Una vez identificados los tiempos por producto y los tiempos de retrabajo, se procedió a cuantificar los costos de mano de obra, generados por la presencia de errores internos en los que la empresa incurre antes de que la producción sea aceptada por el cliente de la empresa.

3.7.2. Fase II

Para llevar a cabo las especificaciones de la materia prima, se contó con información importante suministrada por los directivos de la empresa y por su parte, se cuantifico aquella materia prima no estandarizada, por unidad producida.

En cuanto a las especificaciones de herramientas, se realizaron entrevistas no estructuradas al personal directivo y coordinador de los diferentes departamentos para contar con la descripción de instrumentos utilizados en cada puesto de trabajo.

Los datos correspondientes a defectos en cada producto, cantidades y causas, se levantaron a través de las Hojas de Reporte Diario, en el que cada operario asumió la responsabilidad de contabilizar las variables antes mencionadas, con una supervisión general, por parte de los investigadores.

A su vez, ya conociendo las especificaciones de materia prima y las cantidades utilizadas en cada producto, se procedió a investigar los precios de dicha materia prima, para estimar un costo total.

3.7.3. Fase III

El procesamiento de los datos recolectados a través de las Hojas de Reporte Diario, se ejecutó por medio de tablas en las que se contabilizó la cantidad de fallas diarias encontradas en cada producto, así como el tiempo total invertido por cada operador en producir un determinado producto o subproducto.

Los datos recolectados, permitieron obtener a su vez la información necesaria para encontrar las diferentes causas de las fallas encontradas en los diferentes productos. Dicha información se esquematizó en un Diagrama Causa-Efecto para cada uno de los procesos y subprocesos y de esta forma focalizar la raíz de las fallas encontradas.

3.7.4. Fase IV

Para esta fase se elaboró la propuesta de acciones a tomar para la disminución de las fallas encontradas en los diferentes productos y subproductos. Las propuestas se basan en Técnicas de Manufactura Esbelta para evitar errores humanos en la producción de balastros y luminarias, Técnicas de Estandarización de Procesos aplicadas a mecanismos de control de errores humanos, Técnicas de Control de Procesos y Técnicas de Control de la calidad.

CAPÍTULO IV

4. Situación Actual de la Empresa

4.1 Descripción de la empresa

La Industria Venezolana de Iluminación C.A. (IVI) se encuentra ubicada en la Calle la Estancia, local Galpón IVI SN, Urbanización Hacienda La Estancia, Sector Filas de Mariches.
El Área de Producción de IVI, tiene la siguiente distribución de planta y flujo de materiales. (Ver Ilustración 4. Distribución de la Planta de Producción).

En el Nivel 0 (Planta Baja), lugar donde se realizó el estudio para el presente Trabajo Espacial de Grado y en él mismo se encuentran el Área de Producción, el Área de Almacenaje de Materias Primas, Productos Semiprocesados, Productos Terminados y las Áreas de Recepción y Despacho de los Productos.
En el Nivel 1 (Mezzanina) al final del galpón se encuentran las Áreas de Inyección de Plástico y de Metalmecánica, estas áreas quedan fuera de las fronteras del sistema de estudio.

En el Área de Producción se realiza la fabricación de balastros y luminarias utilizando un sistema de flujo de materiales en "U".
Existen otros tipos de luminarias que se fabrican pero son de baja rotación, por lo cual, se excluyeron en la investigación y la misma se enfocó en estudiar los siguientes tipos de luminarias: 6x14W, 2x54W, 4x54W y 6x54W, las cuales, son las que le generan la mayor utilidad a la empresa.

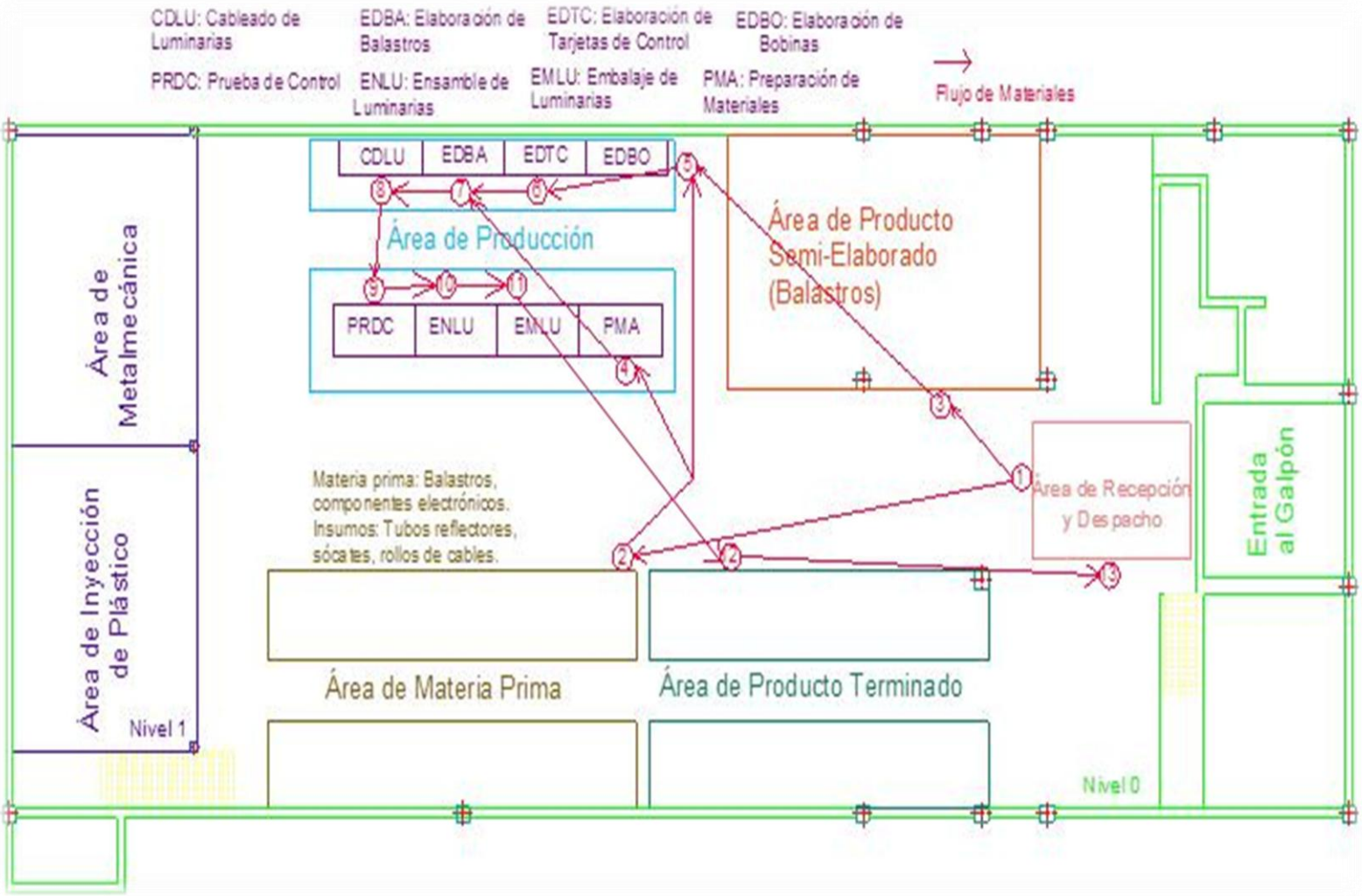


Ilustración 4 Distribución de la Planta de Producción

Tipo de Proceso Productivo

De acuerdo a los criterios de Heizer y Render (2007), para la clasificación de los procesos productivos, se pudo determinar que la empresa actualmente funciona mayormente bajo la combinación de los enfoque a procesos y a producto, de acuerdo al análisis de cada uno de estos criterios, que se resumen a continuación en la siguiente tabla:

Enfoque a proceso		Proceso repetitivo		Enfoque a producto		Personalización en masa		OBSERVACIONES
Se producen pequeñas cantidades y gran variedad de productos.		Se producen grandes tandas, normalmente de un producto estandarizado con opciones, a partir de módulos.		Se produce una gran cantidad y poca variedad de productos.	√	Se produce gran cantidad y gran variedad de productos.		La producción viene dada por pedidos y la distribución del trabajo entre los distintos operarios es una planificación rápida, ya que se conoce las habilidades de cada operario para una determinada actividad. Los pedidos se ordenan de acuerdo al tipo de Luminaria y balastros demandados, por lo que se producen en grandes tandas.
El equipo utilizado es de propósito general.	√	Equipo especializado ayuda en la utilización de una cadena de montaje.		El equipo utilizado es especializado.		Cambios/preparaciones rápidas en equipos flexibles.		Se utiliza el mismo equipo de soldadura de estaño, el téster, las pinzas, pela cables, etc, por igual en la fabricación de los distintos tipos de luminarias.
Los operarios están altamente cualificados.		Los empleados están relativamente bien formados.		Los operarios están muy poco formados.	√	Operarios flexibles están formados para adaptarse a la necesaria personalización.	√	Los operarios no poseen avanzada formación académica por las características repetitivas de las actividades. La personalización de la gama de productos finales no requiere de amplias instrucciones de trabajo hacia el operario, por lo que resulta flexible su capacidad de procesar las ordenes de trabajo. Sin embargo, no se puede considerar que la producción es en masa, porque el volumen diario de outputs es muy bajo con respecto a este criterio.
Hay muchas instrucciones de trabajo, porque cada trabajo es diferente.		Las operaciones repetitivas reducen la formación, y los cambios en las instrucciones de trabajo.	√	Las ordenes e instrucciones de trabajo son pocas, debido a que están estandarizadas.	√	Las órdenes personalizadas requieren muchas instrucciones de trabajo.		Las actividades repetitivas involucradas en la producción de todos los tipos luminarias que se fabrican, justifica la ausencia de repetidas instrucciones de trabajo.
Los inventarios de materias primas son relativamente altos para el valor del producto.	√	Se utilizan técnicas de "justo a tiempo" en el aprovisionamiento.		Los inventarios de materia prima son relativamente bajos para el valor del producto.		Los inventarios de materias primas son relativamente bajos para el valor del producto.		La materia prima en su totalidad es importada de China, lo que representa un factor limitante debido a la situación actual del país. Es por esto que el inventario de materia prima es bastante elevado, y por ende el valor del producto posee un valor relativamente alto por costos de almacenamiento.

Enfoque a proceso		Proceso repetitivo		Enfoque a producto		Personalización en masa		OBSERVACIONES
El trabajo en curso es alto en comparación con el output.	√	Se utilizan técnicas de "justo a tiempo" en la gestión de inventario.		El inventario de trabajo curso es bajo comparado con el output.		El inventario de trabajo en curso es pequeño gracias al JIT, Kanban y la fabricación ajustada.		El volumen de trabajo se incrementa debido al reproceso que ocurre por fallas en los balastros, tarjetas de control y en las luminarias en general. La empresa no trabaja bajo una filosofía Justo a Tiempo
Las unidades se mueven lentamente a través de la planta.		El movimiento se mide en horas y días.		Es normal un movimiento rápido de las unidades a través de la instalación.	√	Los artículos se mueven rápidamente a través de la instalación.		Los productos en proceso tienen una rápida movilidad por las diferentes estaciones de trabajo, al igual que los productos terminados.
Los artículos finales normalmente se hacen contra pedido y no se almacenan.	√	Los artículos finales se producen según frecuentes previsiones.		Los artículos acabados se realizan a partir de una previsión y se almacenan.		Los artículos acabados se realizan habitualmente contra pedido.		No existe un almacén de producto terminado, ya que inmediatamente que se completa un lote de producto, el mismo sale despachado al cliente. Este lote suele disponerse temporalmente en un área de despacho, cerca del área de carga.
Programar los pedidos es complejo, y exige conseguir un equilibrio entre disponibilidad de inventario, capacidad y servicio al cliente.		La programación está basada en producir diferentes modelos a partir de varios módulos para los que se hacen previsiones.		La programación es relativamente simple, y consiste en establecer una tasa de producción suficiente para satisfacer las previsiones de ventas.	√	Se requiere una sofisticada programación para satisfacer las órdenes personalizadas de los clientes.		Sin embargo, como la producción es contra pedido, la empresa no ha considerado emplear previsiones de ventas para la planificación y programación de la producción.
Los costes fijos tienden a ser bajos y los variables altos.	√	Los costes fijos dependen de la flexibilidad de la instalación.		Los costes fijos tienden a ser altos y los variables bajos.		Los costes fijos tienden a ser altos, pero los costos variables deben ser bajos.		La empresa considera que la materia prima es un costo fijo bajo en comparación con costes variables como por ejemplo, mano de obra.
El coste se estima antes de hacer el trabajo, pero solo se conoce después de hacer el trabajo.		Los costes normalmente son conocidos, debido a la amplia experiencia previa.	√	Puesto que los costes fijos son altos, los costes dependen mucho de la utilización de la capacidad.		Los altos costes fijos y los cambiantes costes variables hacen del conseguir costes competitivos un desafío.		Los costos de materia prima importada de China se asumen por la empresa como costos conocidos.
Puntuación Final	**5**		**2**		**5**		**1**	Se concluye que el proceso de producción es mayormente a producto y a proceso.

Tabla 6 Tipo de Proceso Productivo

4.2 Descripción de los Procesos Generales para la Producción de Luminarias

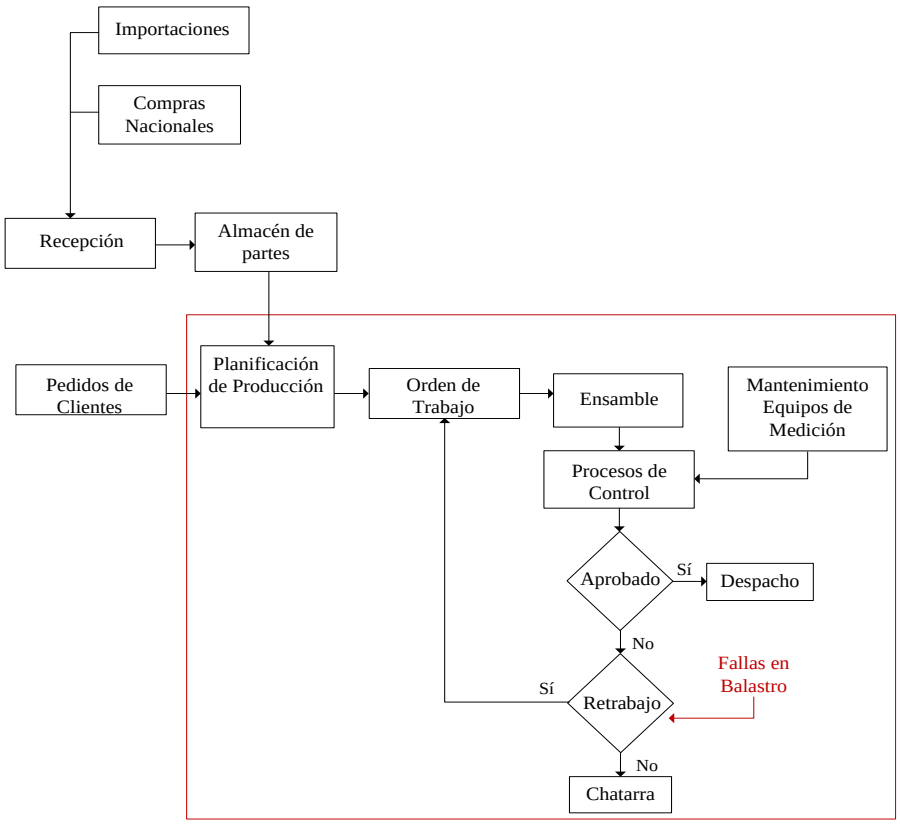
Los procesos generales para la producción de luminarias están estrechamente relacionados entre sí. Debido a esto es importante el estudio de las interacciones individuales de las áreas o entre áreas. Pero el objeto de estudio para nuestra investigación se enfoca en el área de producción, donde se busca mejorar los procesos de producción para aprovechar al máximo la utilización de los inputs y la mano de obra, para obtener el mayor rendimiento de los mismos y finalmente obtener outputs de alta calidad. (Ver Ilustración 5. Diagrama de Flujo para la Producción de luminarias)

Los diagramas SIPOC para productos semiprocesados y productos terminados nos permiten observar de forma sencilla los aspectos implicados directamente en el proceso de producción. Ver Tabla 7. Diagrama SIPOC de Productos Semiprocesados 1, los demás diagramas de SIPOC se encuentran en la sección de Anexos A. Diagramas SIPOC de Productos Semiprocesados/Terminados.

Los diagramas de flujo de Balastro General y de Balastro para Luminaria 6x14W, nos muestran los distintos procesos operativos que se realizan para la obtención de los mismos. (Ver Ilustración 6. Diagrama de Flujo de Balastro General e Ilustración 7. Diagrama de Flujo de Balastro para Luminaria 6x14W).

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

Diagrama de Flujo para la Producción de Luminarias



Elaborado por: *Pasantes de Ingeniería Industrial*
Sandra Alay Vanessa González

Aprobado por: *Gerente de Producción*
Ing. Lorena Cavolina

FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012

59

Ilustración 5 Diagrama de Flujo para la Producción de Luminarias

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

DIAGRAMA SIPOC DE PRODUCTOS SEMIPROCESADOS 1

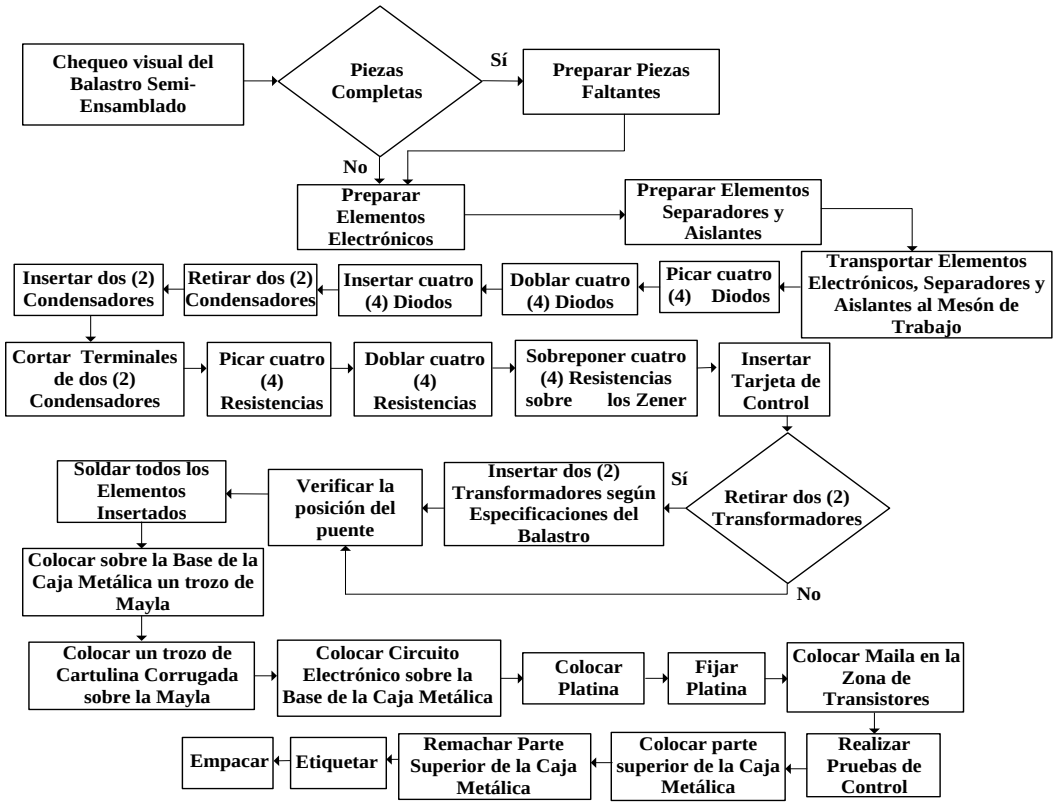
Proveedores	Entradas	Procesos	Resultados	Clientes
Distribuidor IB	1. Energía eléctrica. 2. Diac DB3 (1000V/ 1A) 3. Diodo rectifier (1000V/ 1A) 4. Resistencia (150Ω/ 1/4W) Resistencias(1KΩ/1/4W) Resistencias(22MΩ/1/2 W) 5. Hilo de Estaño.	1. Insertar en la tarjeta los componentes electrónicos. 2. Soldar y cortar los terminales de los componentes electrónicos. 3. Inspeccionar que las soldaduras estén bien. 4. Almacenar en un recipiente.	Tarjeta de Control	Operarios de Ensamblaje de Balastros
Distribuidor IB	1. Ferritas. 2. Cuerpo de la bobina. 3. Papeles aislantes. 4. Taipe. 5. Pega.	1. Colocar cuerpo de la bobina entre dos ferritas. 2. Colocar papeles aislantes en el entrehierro de las ferritas. 3. Colocar taipe alrededor de la ferrita para ajustar . 4. Calibrar con téster los valores de la bobina. 5. Colocar pega/silicone en las uniones de la ferrita.	Bobinas	Operarios de Ensamblaje de Balastros

Tabla 7 Diagrama SIPOC de Productos Semiprocesados 1

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

DIAGRAMA DE FLUJO DE BALASTRO GENERAL

PRN-PRO-004



Elaborado por: *Pasantes de Ingeniería Industrial*
Sandra Alay **Vanessa González**

FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012
CARACAS

Aprobado por: *Gerente de Producción*
Ing. Lorena Cavolina

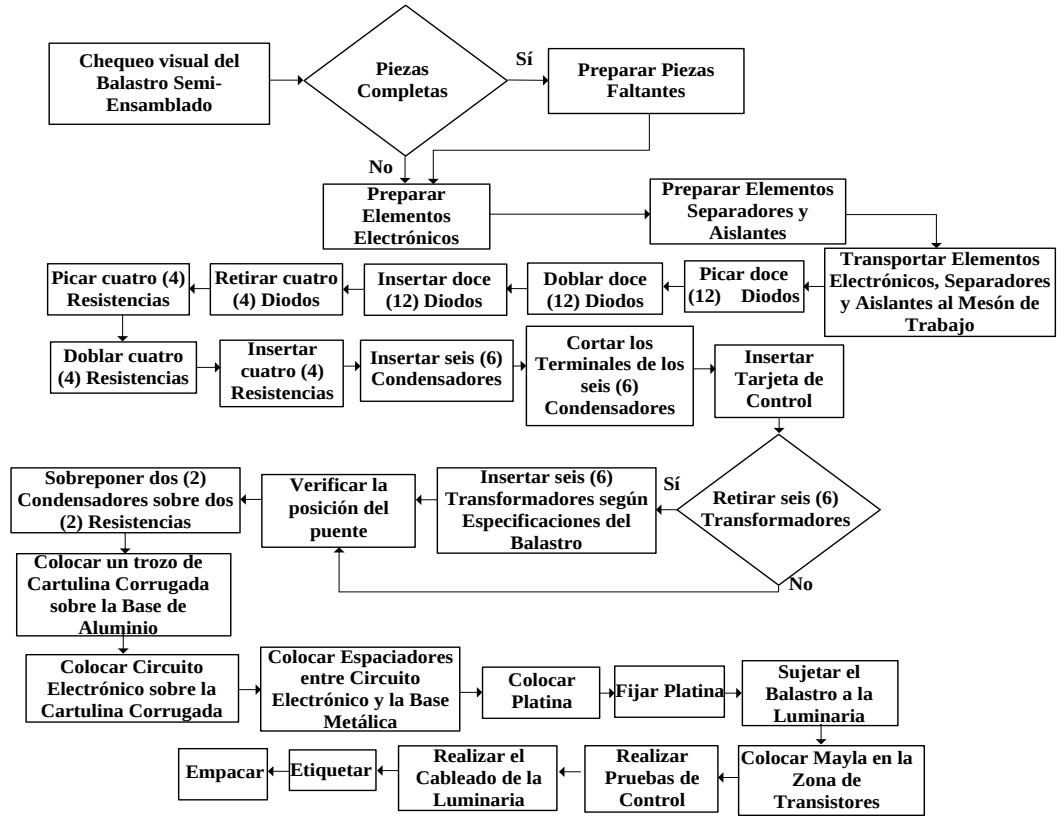
60

Ilustración 6 Diagrama de Flujo de Balastro General

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

DIAGRAMA DE FLUJO DE BALASTRO PARA LUMINARIA 6x14W

PRN-PRO-005



Elaborado por: *Pasantes de Ingeniería Industrial*

Sandra Alay **Vanessa González**

FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012
CARACAS

Aprobado por: *Gerente de Producción*

Ing. Lorena Cavolina

61

Ilustración 7 Diagrama de Flujo de Balastro para Luminaria 6x14W

4.3 Descripción de las Operaciones para la Producción de Productos Semiprocesados y Productos Terminados

El siguiente formato permite describir cada una de las operaciones que se deben realizar en el proceso de producción para obtener los productos semiprocesados y terminados. Una muestra de estas Hojas de Instrucción se puede observar en la Tabla 8. Hoja de Instrucción para fabricar tarjetas de control e Ilustración 8. Hoja de Instrucción (Figuras) para Fabricar tarjetas de control. Las demás Hojas de Instrucción referidas al proceso de producción de Luminarias 2x54W, 4x54W, 6x54W 6x14W, se puede observar en la sección de Anexos B.1 Hojas de Instrucción.

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-003	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma:** _____
Objeto: ***Tarjeta de Control***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma:** _____
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Tarjeta de Control	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Descripción de la Actividad a Realizar	Código Tarjeta
Insertar una (1) Resistencia Metal Film. (1/4W, 1%, 150 Ohms, T/B) (Ver Fig. 4).	R2
Insertar una (1) Resistencia Metal Film. (1/4W, 1%, 1K Ohms, T/B) (Ver Fig. 5).	R3
Insertar una (1) Resistencia Metal Film. (1/2W, 1%, 22M Ohms, T/B) (Ver Fig. 6).	R4
Insertar un (1) Diodo Rectifier. (1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B).	D9
Insertar un (1) Diac DB3 (0.1mA, 28-36V, DO-35, T/B, ST).	1
Soldar una (1) Resistencia Metal Film. (1/4W, 1%, 150 Ohms, T/B).	
Soldar una (1) Resistencia Metal Film. (1/4W, 1%, 1k Ohms, T/B).	
Soldar una (1) Resistencia Metal Film. (1/2W, 1%, 22M Ohms, T/B).	
Soldar un (1) Diodo Rectifier. (1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B).	
Soldar un (1) Diac DB3 (0.1mA, 28-36V, DO-35, T/B, ST).	
Realizar ajustes (pasar uno de los terminales de las resistencias a través de los dos orificios consecutivos).	
para crear soportes de inserción para la Tarjeta de Control (Ver Fig. 7 y Fig. 8).	
Cortar terminales de todos los elementos electrónicos ya ensamblados por medio de piquetas.	

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***		**Aprobado por:** ***Gerente de Producción***
Sandra Alay _____ **Vanessa González** _____	**FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012** **CARACAS**	**Ing. Lorena Cavolina** _____ **8**

Tabla 8 Hoja de Instrucción para Fabricar Tarjetas de Control

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-004	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma:** _____
Objeto: ***Tarjeta de Control***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma:** _____
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Tarjeta de Control	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Figuras

Fig. 4 Resistencia de 150 Ohm

Código Tarjeta: R2
Verificación código de colores: Marrón, negro, negro, verde y marrón.

Fig. 5 Resistencia de 1k Ohm

Código Tarjeta: R3
Verificación código de colores: Marrón, negro, negro, marrón y marrón.

Fig. 6 Resistencia de 22 M Ohm

Código Tarjeta: R4
Verificación código de colores: Rojo, rojo, azul y dorado.

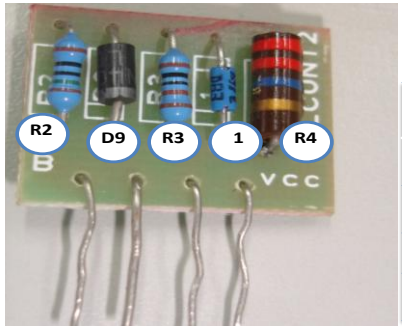


Fig. 7 Elementos electrónicos de la Tarjeta de Control (Vista anterior)

(R2) Resistencia Metal Film. (1/4W, 1%, 150 Ohm, T/B).
(R3) Resistencia Metal Film. (1/4W, 1%, 1K Ohm, T/B)
(R4) Resistencia Metal Film. (1/2W, 1%, 22M Ohm, T/B).
(D9) Diodo Rectifier. (1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B).
(1) Diac DB3 (0.1mA, 28-36V, DO-35, T/B, ST).

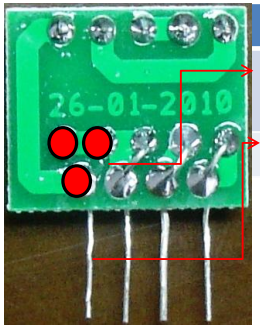


Fig. 8 Tarjeta de Control (vista posterior)

Código Tarjeta de Control: B – Vcc.
Observación: Es importante no realizar la conexión en las tres (3) última terminaciones señalizadas, ya que produce cortocircuito.
Terminaciones creadas con ajustes de inserción

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***			**Aprobado por:** ***Gerente de Producción***
Sandra Alay	**Vanessa González**	**FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012**	**Ing. Lorena Cavolina**
_____	_____	**CARACAS**	_____

9

Ilustración 8 Hoja de Instrucción (Figuras) para Fabricar Tarjetas de Control

4.4 Listado de Materiales (BOM)

La lista de materiales (BOM) nos muestra los distintos insumos y materia prima que son esenciales para los componentes de las luminarias, para llevar control en el inventario de los mismos. Ver Tablas 7, 8, 9,10, 11 y 12.

Lista de Componentes de Bobinas	
N°	**Componente**
2	Ferritas
varía	Separadores del entrehierro
varía	Pega 2 Ton
varía	Taipe

Tabla 9 BOM para Fabricar (Calibrar) Bobinas

Lista de Componentes de Tarjeta de Control		
N°	**Componente**	**Descripción**
1	Diac DB3 (1)	1N4007/ 1A/ 1000V; DO- 41; T/B)
1	Diodo Rectifier (D9)	1N4007/ 1A/ 1000V; DO- 41; T/B)
1	Resistencia (R2)	150 Ohm / 1/4W
1	Resistencia (R3)	1 K Ohm / 1/4 W
1	Resistencia (R4)	22 M Ohm / 1/2W
varía	Estaño	1,00 mm

Tabla 10 BOM para Fabricar Tarjetas de Control

Lista de Componentes de Balastro para Luminaria2x54W, 4x54W y 6x54W		
N°	**Componente**	**Descripción**
4	Condensadores (C1, C2, C3, C4)	4,7uF/250V
7	Diodos Rectifer (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7)	1000V/ 1A
1	Fusible (F1)	2 Amps
1	Resistencia (R1)	100 ohm/ 3W
1	Tarjeta de Control (B/C/D/Vcc)	-
1	Varistor	320L20 (V320LA20A)
2	Bobinas (TR1)	-
4	Diodos Zener (Z2,Z5,Z6, Z9)	15V/ 1W
1	Driver (L1)	-
2	Condensadores (C7, C14)	1uF/ 400V
2	Condensadores (C15, SN)	4,7nF/ 1200V
3	Condensadores (C8, C10, C13)	0,1uF/400V; 1nF/ 1600V
2	Puentes	4 cm de cable
4	Resistencia (Z2, Z5, Z6,Z9)	560 ohm/ 1/4W
2	Resistencia (R9, R10)	100 ohm/ 2W
1	Resistencia (R11)	220K/ 1/4W
2	Transistores Mosfets (Q1,Q2)	-
-	Estaño	1,00 mm
1	Etiqueta térmica	Con las características del tipo de Balastro.

Tabla 11 BOM para Fabricar Balastros para Luminarias 2x54W, 4x54W y 6x54W

Lista de Componentes para Luminarias 2x54W, 4x54W y 6x54W		
N°	**Componente**	**Descripción**
1, 2, 3	balastros para Luminarias 2x54W, 4x54W, 6x54W	-
4, 8,12	Trozos de cables automotriz (varía según el tipo de Luminaria)	#16 - 500mm
1	Base para Luminaria	-
2, 4 y 6	Bombillos fluorescentes	FL54/T5/830/HO
1	Carcasa	-
1	Caja de embalaje	Cartón
1	Tirro	-
1	Etiqueta térmica	-

Tabla 12 BOM para Fabricar Luminarias 2x54W, 4x54W y 6x54W

Lista de Componentes de Balastro para Luminarias 6x14W		
N°	**Componente**	**Descripción**
6	Condensadores (C1, C2, C3, C4,C5,C6)	4,7nF/1200V
7	Diodos Rectifer (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7)	1000V/ 1A
12	Diodos Rectifer (Parte posterior)	1000V/ 1A
4	Diodos Zener (Z3,Z5,Z7, Z9)	15V/ 1W
1	Driver (L1)	-
1	Fusible (F2)	2 Amps
1	Resistencia (R1)	100 ohm/ 3W
1	Tarjeta de Control (B/C/D/Vcc)	-
1	Varistor (V1)	320L20 (V320LA20A)
3	Varistor (V1, V2, V3)	320L20 (V320LA20A)
6	Bobinas (TR1)	-
1	Condensadores (C8)	0,1uF/400V
2	Condensadores (R9,R10)	6,8nF/1000V
2	Condensadores (C10, C13)	1000pF/1000V(1nF)
4	Condensadores (C1,C2,C3,C4)	4,7uF/250V
2	Condensadores (C7,C8)	1600V
4	Resistencia (Z2, Z4, Z6,Z8)	560 ohm/ 1/4W
2	Resistencia (R9, R10)	100 ohm/ 2W
1	Resistencia (R11)	220K/ 1/4W
2	Transistores Mosfets (Q1,Q2)	-
-	Estaño	1,00 mm

Tabla 13 BOM para Fabricar Luminarias 6x14W

Lista de Componentes para Luminarias 6x14W		
N°	**Componente**	**Descripción**
3	balastros para Luminarias 6x14W	-
12	Trozos de cables automotriz (varía)	#16 - 500mm
1	Base para Luminaria	-
6	Bombillos fluorescentes	FL14/T5/830
1	Carcasa	-
1	Caja de embalaje	Cartón
1	Tirro	-
1	Etiqueta térmica	-

Tabla 14 BOM para Fabricar Luminaria 6x14W

4.5 Tiempo Promedio para la producción de Productos Semiprocesados, Terminados y de Garantía

Los tiempos promedios que se presentan en la Tabla 15. Tiempo Promedio de Productos Semiprocesados, Terminados y de Garantía, que son los resultados de unas Pruebas Piloto que se tomaron en cada operación o actividad relacionada con la fabricación de las luminarias. (Ver la sección de Anexos C. Mediciones de Tiempo para la Producción de Luminarias).

Productos			**Tiempo Promedio**
Semiprocesados	**Bobinas**		2 min ± 16,15 seg
	Tarjetas de Control		1min 19seg ± 5,50 seg
Terminados	**Luminaria**	**6x14W**	34 min 19 seg (*)
		6x54W	24 min 20 seg ±71,36 seg
		4x54W	13 min 54 seg ± 31,02 seg
		2x54W	11 min 22 seg ± 37,26 seg
Garantía			23 min 58 seg ± 53,16 seg
Pruebas de Control			
Luminaria		**2x54W**	No se realizó el control
		6x14W	1min 40 seg ± 7,81 seg
		6x54W	49,82 seg ± 3,57 seg
		4x54W	30,35 seg ± 1,32 seg

Tabla 15 Tiempo Promedio de Productos Semiprocesados, Terminados y de Garantía

(*) El tiempo promedio para fabricar la Luminaria 6x14W es la suma de los tiempos promedios de las cuatro (4) operaciones o actividades que se realizaron en distintas etapas, por lo cual, no se presenta la respectiva desviación estándar.

4.5 Registro de Fallas y Desechos

Este registro contiene datos sobre las unidades de subproductos y productos con fallas, así como el tiempo de retrabajo correspondiente. A continuación se describen los campos empleados en dicho registros:

BALQ: N° Total de balastros quemados

CODS: N° Total de condensadores de desecho

DRID: N° Total de drivers de desecho

DRCD: N° Total de diodos rectifier de desecho

TRDS: N° Total de transistores de desecho

FUDS: N° Total de fusibles de desecho

TCDS: N° Total de tarjetas de control de desecho

BODS: N° Total de bobinas de desecho

FEDS: N° Total de ferritas de desecho

Tipo de Luminaria o Pieza	BALQ (unid)	CODS (unid)	DRID (unid)	DRCD (unid)	TRDS (unid)	FUDS (unid)	TCDS (unid)	BODS (unid)	FEDS (unid)	Total de Tiempo Invertido en Retrabajo
2x42W	4			16	8	4	0			1 hora 45 min
2x54W	23			92	46	92	0			7 hora 18 min 50 seg
4x54W	56			224	112	56	16			20 horas 41min 23 seg
6x54W	4			16	8	4	0			52 min 8seg
6x14W	11			132	22	11	0			3 horas 38 min 20 seg
Bobina								2289	492	8 min 20 seg
Drivers			25						248	6 hora 35 min
Balastro		318		17	1	2				-
TOTAL	98	318	25	497	197	169	16	2289	740	40 horas 59 min 48 seg

Tabla 16 Totalización de Fallas, Desechos y Tiempo Invertido en Retrabajo

4.6 Registro de Fallas en Servicio Post-Venta

Este registro contiene datos sobre las unidades de productos entregados al cliente final, que posteriormente presentaron fallas por el uso de los mismos, así como el tiempo de retrabajo correspondiente. Estos datos corresponden a fallas debidas al desgaste natural de los componentes, a fallas por incremento repentino del voltaje de operación de las luminarias, y de fallas por errores cometidos en el ensamblaje de productos, que no fueron detectados por las pruebas de control, tales como el largo de los pines de las tarjetas de control, la ausencia de diodos en las tarjetas electrónicas de los balastros, y soldaduras defectuosas en el armado de balastros. A continuación se describen los campos empleados en dicho registros:

BALQ: N° Total de balastros quemados
CODS: N° Total de condensadores de desecho
DRID: N° Total de drivers de desecho
DRCD: N° Total de diodos rectifier de desecho
TRDS: N° Total de transistores de desecho
FUDS: N° Total de fusibles de desecho
TCDS: N° Total de tarjetas de control de desecho
BODS: N° Total de bobinas de desecho
FEDS: N° Total de ferritas de desecho

Tipo de Luminaria o Pieza	BALQ (unid)	CODS (unid)	DRID (unid)	DRCD (unid)	TRDS (unid)	FUDS (unid)	TCDS (unid)	BODS (unid)	FEDS (unid)	Total de Tiempo Invertido en Retrabajo
2x54W	6	0	0	26	12	6	1	0	0	1 hora 56 min 56 seg
4x54W	9	0	0	34	18	9	1	0	0	3 horas 39 min 50 seg
TOTAL	15	0	0	60	30	15	2	0	0	5 horas 36 min 46 seg

Tabla 17 Totalización de Tiempo de Retrabajo en Servicio de Post-Venta

4.7 Registro de Tiempos Reales y de Retrabajo según el Subproducto / Producto

Muestra los datos correspondientes a los periodos de tiempo que utilizan los trabajadores durante la jornada diaria de trabajo, los cuales pueden estar repartidos en horas dedicadas a realizar una determinada operación, y horas dedicadas a realizar un reproceso. Este registro permite cuantificar la eficiencia general del proceso de producción.

Subproducto /Producto	Tiempo Reales	Tiempo de Retrabajo	Tiempo Total
Luminaria 2xPL/2xT5	2 horas 17 min 24 seg	9 min 36 seg	2 horas 27 min
Luminaria 4x54W	3 horas 49 min 12 seg	20 min 41 seg	4 horas 9 min 53 seg
Luminaria 6x54W	1 hora 19 min 48 seg	52 seg	1 hora 20 min 40 seg
Luminaria 6x14W	20 min 13 seg	3 min 39 seg	23 min 52 seg
Bobinas	1 hora	8 min 20 seg	1 hora 8 min 20 seg
Tarjetas de Control	48 min	-	48 min
Drivers	37 min 36 seg	6 min 35 seg	44 min 11 seg

Tabla 18 Tiempos Reales y de Retrabajo según el Subproducto / Producto

4.8 Costos por desecho de componentes electrónicos

CTSDE: Costo Total de Soldadura de estaño (40 cm/balastro)

CTPCD: Costo Total por Condensador desechado

CTDRD: Costo Total por Driver desechado

CTPDD: Costo Total por Diodo desechado

CTTD: Costo Total por Transistor desechado

CTFD: Costo Total por Fusible desechado

CTCD: Costo Total por Tarjeta de Control desechada

CTBD: Costo Total por Bobina desechada

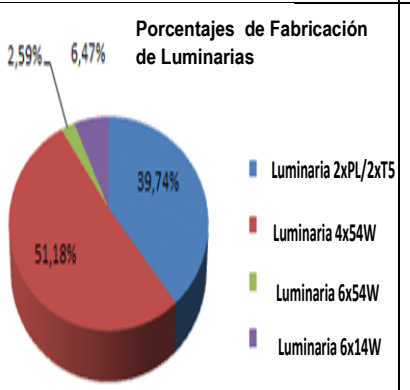
CTFD: Costo Total por Ferritas desechadas

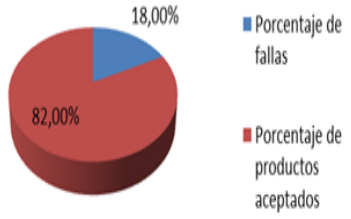
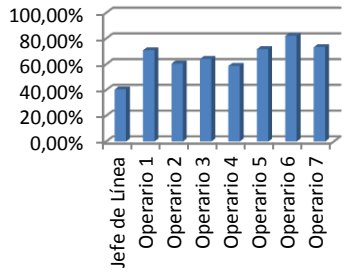
Tipo de Luminaria o pieza	CTSDE (Bs.)	CTPCD (Bs.)	CTDRD (Bs.)	CTPDD (Bs.)	CTTD (Bs.)	CTFD (Bs.)	CTCD (Bs.)	CTBD (Bs.)	CTFD (Bs.)	Total Costos por horas invertidas en retrabajo (Bs.)
TODOS	157,0	945,0	200,0	249,0	3.940,0	169,0	78,0	4.578,0	2.960,0	3.073,77
COSTO TOTAL	16.349,77									

Tabla 19 Totalización de Costos por Desecho

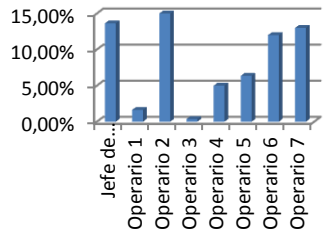
4.9 Índices de los Procesos de Producción

Los siguientes índices de producción son el resultado de las diferentes mediciones de tiempo, fallas y desechos realizadas durante la producción de productos y subproductos en un período determinado.

Nombre/ Descripción	Objetivos/ Finalidad	Fórmula	Gráficos	Valoración
Porcentaje de Tipos de Luminarias y Balastros fabricados. Este indicador será aplicado mensualmente para generar registros históricos.	Reflejar el tipo de Luminaria/ Balastro con más demanda. La finalidad de este porcentajees con vistas a futuro para establecer una planifica-ción de producción.	$\%Tipo\ de\ Luminaria = \frac{N°de\ un\ tipo\ de\ Luminaria\ específico}{N°\ Total\ de\ Luminarias\ fabricadas} x\ 100$	 Gráfico aplicado en un período de estudio de cuatro (4) semanas.	Aquel producto con mayor porcentaje arrojado, será el que represente la mayor demanda para el mes en estudio.
Indicador de Fallas registradas en Productos/ Subproduc-tos.	Detectar el porcentaje de fallas presentes en el pro-ceso de producción.			En el estudio de fallas, a través de los Reportes de Producción y Control, se calculó que en promedio para todos los Productos y Subproductos, el porcentaje de fallas fue de

Indicador de Fallas registradas en Productos/ Subproductos.	La finalidad de dicho indicador viene dada por la valoración que se le dé al indicador arrojado. Dependiendo de la valoración asignada, se estudiaran las acciones pertinentes para corregir las fallas presentes.	$$\%Fallas\ en\ Subproducto/Producto = \frac{N°de\ unidades\ con fallas}{N°\ Total\ de\ unidades\ inspeccionadas} x\ 100$$	**Porcentajes de Fallas en Luminarias 2x54W**  Gráfico aplicado al tipo de luminarias 2x54W en la semana siete (7) de estudio.	aproximadamente 12%. El porcentaje límite de aceptación de fallas sería del 6%.(que corresponde a la mitad del porcentaje actual de fallas registradas en los meses de julio/ agosto). Para porcentajes de fallas mayores a6%, se deberían tomar acciones para corregir los problemas detectados
Porcentaje de Horas Eficientes por Operario. Este indicador será aplicado quincenalmente, debido a la relación con el bono de producción.	Establecer la eficiencia por horas, para cada operario. La finalidad de este indicador viene dada por la distribución del bono de producción.	$$\%Horas\ productivas\ trabajadas = \frac{N°de\ Horas\ Trabajadas\ por\ Operario}{N°\ Total\ de\ Horas} x\ 100$$	**Porcentaje de Horas Eficientes por Operario**  Gráfico basado en un estudio de cuatro (4) semanas.	A continuación se presentan dos formas de valoración: 1.- Debido a las horas no productivas ejecutadas por los operarios, como por ejemplo limpieza, orden de puestos de trabajo, necesidades básicas, descansos, holgura por monotonía,

Porcentaje de Horas Eficientes por Operario.	. Este bono de producción será atribuido proporcio-nalmente al desempeño del operario.			cansancio mental, etc., la valoración a establecer será de un 90%, basado en lo expuesto anteriormente. Por razones de habilidades adquiridas por los operarios con la experiencia, se asignará una holgura del 10%, considerando a aquellos operarios con menor experiencia en el proceso productivo. Es decir, entre el 80%-90%, se considera que el operario tiene un buen desempeño. En el caso del Jefe de Línea, su aporte a la producción se puede ver reducido por las diferentes actividades que lleva a cabo, es por esto que la valoración de desempeño para el mismo se asignara de manera subjetiva.

Porcentaje de Horas Eficientes por Operario.				2.- La valoración límite correspon-derá a aquel valor de desempeño con mayor valor.
Porcentaje de Piezas Reprocesa-das por Operario y por Produc-tos/Subpro-ductos. Este indicador será aplicado quincenalme nte, debido a la relación con el bono de pro-ducción.	Establecer la eficiencia de mano de obra de cada operario. La finalidad de este indicador viene dada por la distribución del bono de producción, el cual, será otorgado proporcio-nalmente al desempeño del operario.	$\%Piezas\ Reprocesadas\ por\ Tipo\ de\ Subproducto\ /Producto = \frac{N°de\ unidades\ reprocesadas}{N°\ Total\ de\ unidades\ semielaboradas/fabricadas} x\ 100$	**Porcentaje de Piezas Reprocesadas por Operario**  Gráfico basado en un estudio de cuatro (4) semanas.	La valoración de este indicador, podrá establecerse en un 6%, ya que el porcentaje acepta-ble de fallas por lote, viene dado por un este porcentaje. Los porcentajes por arriba del 6%, implicarán una disminución del bono de producción o su anulación.
Porcentaje de Piezas Desechadas por Operario y por Productos/ Subproduc-tos.	Establecer la eficiencia en cuanto a recursos/m ateria prima de cada ope-rario.			La valoración de este indicador, debe ser muy cercano al indicador de piezas reprocesadas.

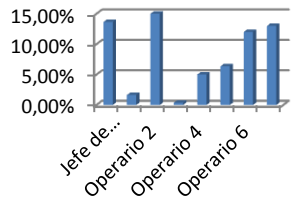
Porcentaje de Piezas Desechadas por Operario y por Productos/ Subproduc-tos. Este indicador será aplicado quincenal-mente, debido a la relación con el bono de producción.	La finalidad de este indicador viene dada por la distribución del bono de producción, el cual, será otorgado será otorgado será atribuido proporcio-nalmente al desempeño del opera-rio.	$\%Piezas\ Desechadas\ por\ Tipo\ de\ Subproducto\ /Producto = \frac{N°de\ unidades\ desechadas}{N°\ Total\ de\ unidades\ fabricadas} x\ 100$	**Porcentaje de Piezas Reprocesadas por Operario**  Gráfico basado en un estudio de cuatro (4) semanas.	Las piezas desecho, vienen de cambiar piezas de unidades reprocesadas. Existen piezas de desecho que son necesarias retirar de la materia prima por la naturaleza de la misma. Estas piezas desechadas por razones técnicas y no por razones humanas, no serán tomadas en cuenta para este indicador. Ante todo lo expuesto, el porcentaje de 6% es la referencia para este indicador.

Tabla 20 Índices de los Procesos Productivos

4.10 Causas de las fallas registradas en el ensamblaje de balastros

Mediante la observación directa, entrevistas no estructuradas y el análisis del proceso en sí, del ensamblaje de balastros, se determinó la generación de reprocesos por diferentes razones. En primer lugar, se observaron desperdicios relacionados con el tiempo invertido en atender las fallas registradas en las Pruebas de Control. Este tiempo representa un 12,23% del tiempo total laborable en las siete (7) semanas de estudio, (Ver Tabla 16. Totalización de fallas, desechos y tiempo invertido en retrabajo) lo cual, reduce la eficiencia de los procesos.

Por otra parte, en el Servicio Post-Venta, se registraron fallas de luminarias originadas en los balastros. El tiempo de reparación de estos balastros representa un 2% (Ver Tabla 17. Totalización de Tiempo de Retrabajo en Servicio de Post-Venta) del tiempo total laborable estudiado en siete (7) semanas.

En segundo lugar, se registraron piezas desechadas provenientes de los procesos de retrabajo en los noventa y ocho (98) balastros quemados (Ver Tabla 16. Totalización de Fallas, Desechos y Tiempo Invertido en Retrabajo) que representan un 12,5% del total de balastros fabricados en siete (7) semanas de estudio. Las razones por las cuales ocurre el retrabajo son variadas, entre ellas se encuentra el método actual de trabajo que es un factor recurrente en la aparición de fallas. Entre las fallas más frecuentes se encuentran la polaridad invertida de los diodos, inserción incorrecta de componentes electrónicos en el balastro, soldadura fría que consiste en la rápida aparición de burbujas en el material soldado, disminuyendo la capacidad de conducir corriente eléctrica a través del componente soldado y terminales largos presentes en los componentes electrónicos ensamblados. Los subproductos que posee un balastro son dos (2) bobinas, un (1) drivers y una (1) tarjeta de control. Estas piezas generalmente presentan fallas de calibración, incorrecta inserción de componentes electrónicos en tarjetas de control, así como terminales largos y cortocircuito en soporte de inserción, todo esto presente en el subproducto mencionado anteriormente. Estas fallas continúan a través del proceso productivo por ausencias de chequeo visual previo, al ensamble de los mismos en los balastros.

Las herramientas de trabajo ocasionalmente presentan fallas de diferentes naturalezas. La principal herramienta de trabajo, es el soldador, y su principal falla se presenta en la punta del

soldador, ya que se rompe o se afloja y por ende el ensamble de componentes electrónicos no es totalmente correcto, ocasionando posteriores problemas en balastros.

En cuanto a la materia prima, el material aislante colocado en balastros es causante de fallas en los mismos. El material aislante consiste de una pieza de cartulina corrugada y una mayla, los cuales, se colocan debajo del balastro y en la zona de transistores. Estos materiales vienen en láminas que se recortan de acuerdo a patrones de medidas específicas para cada tipo de balastro. Es de gran importancia que el material aislante sobrepase las dimensiones del balastro, para que funcione bien, pero en ocasiones esto no ocurre, porque se recortan los materiales en base a patrones erróneos, trayendo como consecuencia que los balastros se quemen en la Prueba de Control, generándose la pérdida de componentes tales como fusibles, diodos, transistores, y las resistencias de las tarjetas de control. Por consiguiente el balastro debe ser reprocesado mediante la sustitución de los componentes que se perdieron.

A continuación se presenta un Diagrama Causa-Efecto que reúne los problemas encontrados en el ensamblaje de balastros.

Los demás Diagramas Causa-Efecto así como su correspondiente explicación se puede observar en la sección de Anexos D. Causas y Diagramas Causa-Efecto de las Fallas registradas en Subproductos/Productos.

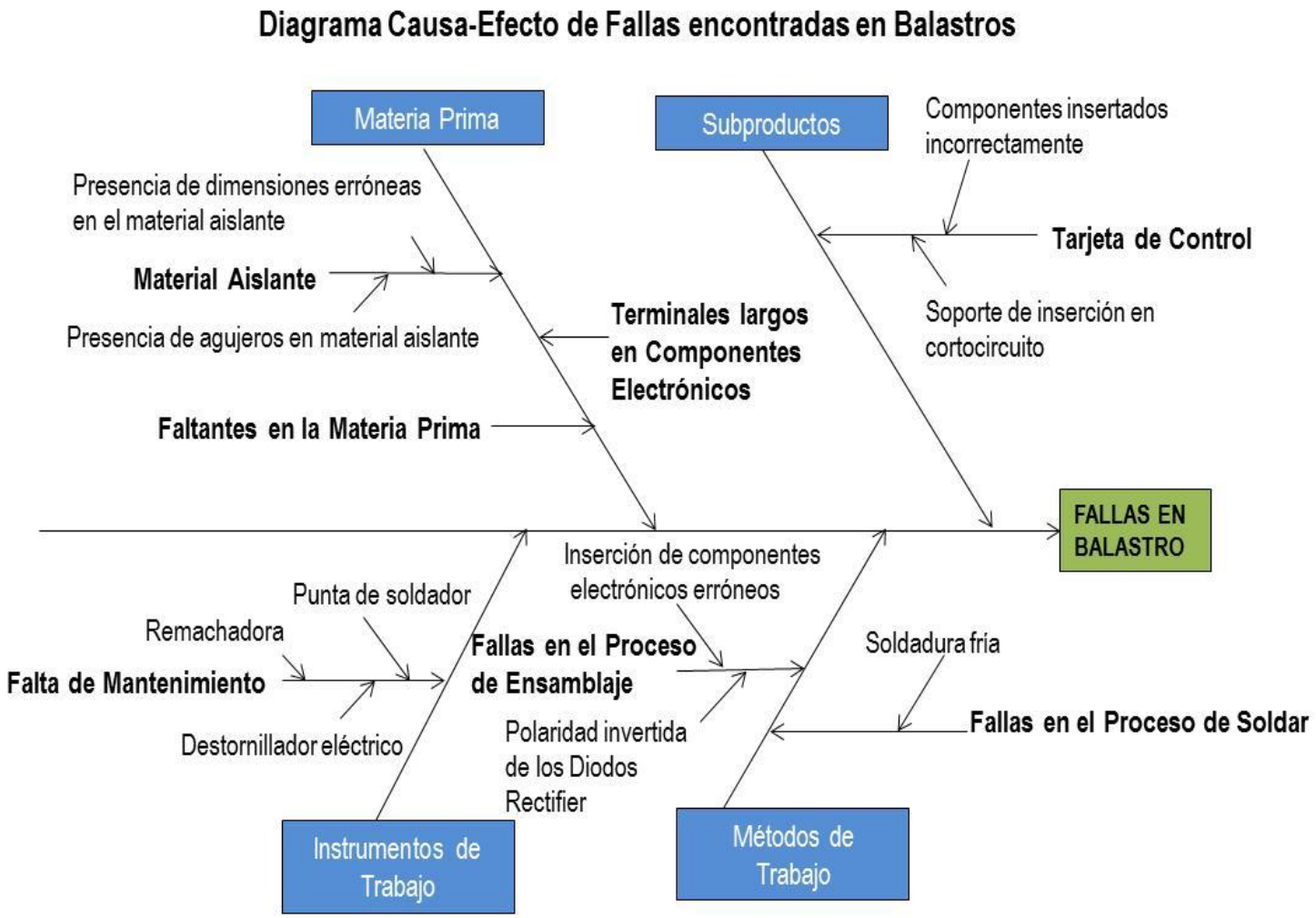


Ilustración 9 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en balastros

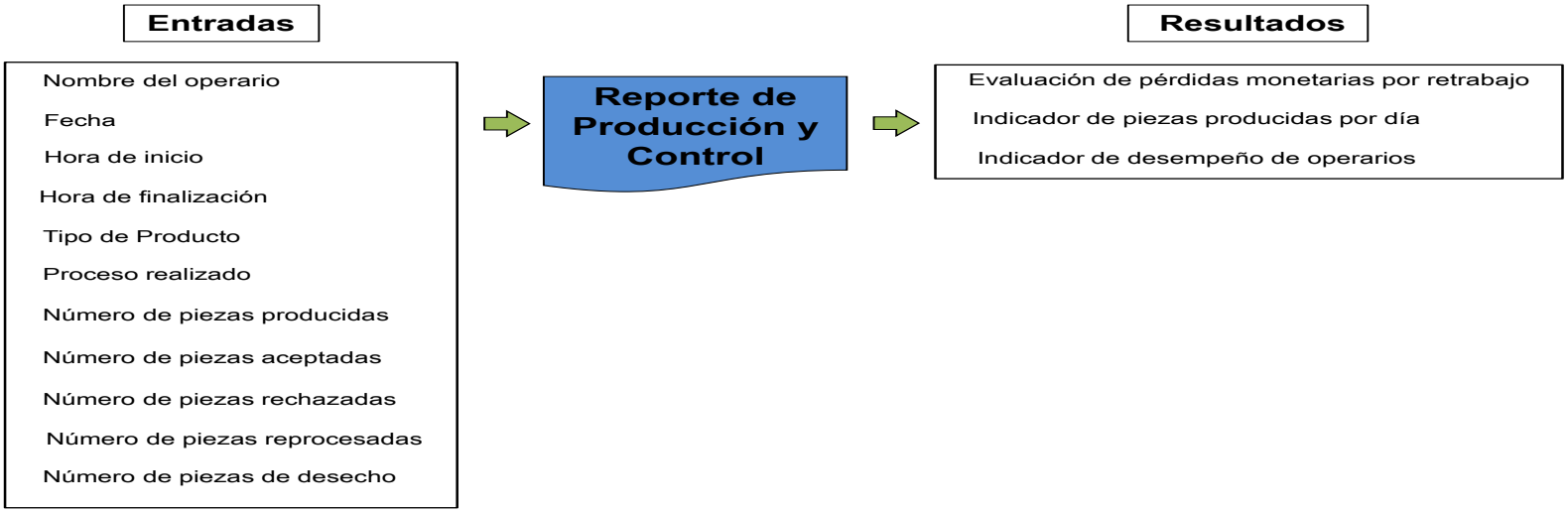


Ilustración 10 Diagrama de Reportes de Producción y Control

Datos requeridos	Llenado de los Reportes de Producción y Control
Fecha	Dato que permite llevar un control del registro de producción por día y mes de la jornada laboral.
Hora de inicio	Registra la hora en que se inicia la actividad a realizar para fabricar un producto/subproducto.
Hora de finalización	Registra la hora en que se finaliza la actividad para fabricar un producto/subproducto.
Nombre del operario	Dato que permite registrar el operario que realiza las actividades.
Proceso realizado	Registra el tipo de operaciones o actividades realizadas en la jornada laboral.
Tipo de Producto	Debido a la variedad de productos fabricados, es necesario registrar el tipo de producto que se está elaborando.
Número de piezas producidas	Registra la cantidad de piezas producidas en la jornada laboral.
Número de piezas aceptadas	Registra la cantidad de piezas que cumplen con los valores requeridos en el Proceso de Control de Calidad.
Número de piezas rechazadas	Registra la cantidad de piezas que no cumplen con los valores requeridos en el Proceso de Control de Calidad.
Número de piezas reprocesadas	Registra la cantidad de piezas que se retrabajan que provienen del lote de piezas rechazadas.
Número de piezas de desecho	Registra la cantidad de piezas que presentan defectos o anomalías.

Tabla 21 Forma de llenar los Reportes de Producción y Control

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

REPORTE DE PRODUCCIÓN Y CONTROL

Reporte de Producción y Control				Nombre: _____			Fecha: _____	
Producto	Hora		Proceso realizado	N° pzas producidas	N° pzas aceptadas	N° pzas rechazadas	N° pzas reprocesadas	N° pzas de desecho
	inicio	finalización						

Tabla 22 Formato de Reporte de Producción y Control

CAPÍTULO V

5. Propuestas de Mejoras

La siguiente tabla muestra el resumen de las posibles propuestas que se pueden ejecutar con el objetivo de mejorar los procesos productivos de la empresa y de cierta forma aumentar el rendimiento de los operarios, las utilidades y la satisfacción de los clientes.

Nombre de la Propuesta	Objetivos	Descripción	Problemas a Solucionar
Dispositivo para ajustar capacitancia de bobinas.	Mitigar los retrabajos por no cumplir con el valor de capacitancia requerido.	Dispositivo que sirve para modificar la separación entre los entrehierros.	Variación de la capacitancia que se le suministre a la bobina realizada.
Dispositivo para estandarizar doblado de Diodos Rectifier.	Disminuir la cantidad de Diodos Rectifier que se desechan por no poseer las medidas requeridas.	Dispositivo que sirve para doblar de forma estándar los Diodos Rectifier.	Dimensiones incorrectas en el doblado de los Diodos Rectifier, las cuales, dificultan su manipulación en el momento de ser colocados y soldados en la parte posterior de la tarjeta electrónica de los balastros.
Tarjetas de Especificación para los siguientes procesos: • Ensamble de tarjetas de control. • Ensamble de tarjetas electrónicas de los balastros. • Preparación de materiales aislantes.	Disminuir los errores de inserción y de dimensiones de los componentes electrónicos y de los materiales aislantes en la tarjeta de control y tarjeta electrónica de balastro.	Tarjetas de Especificación donde se muestren los detalles importantes de los componentes electrónicos, los cuales, se deben visualizar con sumo cuidado y de esta forma evitar que se quemen los balastros en las Pruebas de Control.	Errores de inserción debido a la confusión en las bandas de colores de las resistencias, descuido en el corte del último terminal del tejido para insertar la tarjeta de control en la tarjeta electrónica del balastro. Variación en la dirección de la polaridad de los Diodos Rectifier. Variación en las dimensiones de los materiales aislantes.
Indicadores de Gestión de los Procesos de Producción.	Disminuir las fallas más frecuentes.	Estos indicadores ayudan a llevar un mejor control y seguimiento de los procesos, en términos de eficiencia y calidad.	Fallas que se presentan en los Subproductos/Productos debido a descuidos o por ignorar las actividades a seguir para la elaboración de los mismos.
Creación de estación de trabajo para preparación de cableado.	Disminuir el tiempo de producción de luminarias.	Esta estación se basara en el indicador del porcentaje de luminarias con más demanda. De acuerdo a éste, se cortaran cables para determinadas luminarias y se crearan lotes para su posterior utilización.	Alta utilización del recurso tiempo en el proceso de cableado de determinadas luminarias.

Tabla 23 Resumen de las Propuestas y Mejoras

Esta serie de propuestas se plantean de acuerdo a los resultados obtenidos en los Reportes de Producción y Control, así como en los Diagramas Causa-Efecto y en las mediciones de tiempo de retrabajo, los cuales, demuestran que la empresa incurre en costos extra por el remplazo de componentes electrónicos o piezas rechazadas, debido a no estar estandarizadas ciertas operaciones dentro del proceso productivo, como son la calibración de bobinas, el corte y doblado de los Diodos Rectifier, el ensamble de tarjetas de control, el ensamble de tarjetas electrónicas de balastros y preparación de materiales aislantes. Además de lo anteriormente expuesto, la empresa también incurre en un aumento innecesario del tiempo de producción, ya que al tener productos defectuosos que deben ser retrabajados para lograr cumplir con los requerimientos establecidos en las Pruebas de Control, generando un retraso en la continuidad del proceso de producción y esto en algunas ocasiones afecta la entrega a tiempo de las ordenes de pedido con los clientes.

La implementación de estas propuestas, cuyo costo pudiera ser relativamente bajo, pudiera ayudar a reducir estos costos de producción por retrabajo, y los tiempos de retrabajo, de manera que se esperaría un aumento de la eficiencia y un incremento del margen de utilidad por ventas.

5.1 Dispositivos a Prueba de Control

5.1.1 Dispositivo para ajustar capacitancia de bobinas

Debido a los recurrentes retrabajos en las bobinas de algunos balastros, se realizó un prototipo de un dispositivo mostrado en la Ilustración. 11 Dispositivo para ajustar capacitancia de bobinas, el cual, tiene como funciones:

1) Separar las ferritas que están unidas por un pegamento, este proceso consiste en colocar la bobina con los terminales hacia arriba, dentro de los soportes fijos y móviles del dispositivo, se ajusta lateralmente a las ferritas con unos tornillos sin fin fijos y móviles. Una vez ajustada la bobina se procede a girar el tornillo sin fin móvil, que actúa como el sistema de una prensa, el cual, ejerce cierta fuerza haciendo que las ferritas se separen. Después de esto se limpian las superficies del entrehierro, se acerca el soporte móvil dejando una pequeña distancia para posteriormente colocar trocitos de cartón y mayla, que sirven para generar un poco más de distancias entre los entrehierros.
2) Calibrar la bobina, esto se logra una vez realizado el paso 1) se termina de ajustar la presión entre las ferritas hasta llegar al valor de inductancia requerido, que se observa en el téster digital, el cual, se conectó previamente a los dos terminales de la bobina.

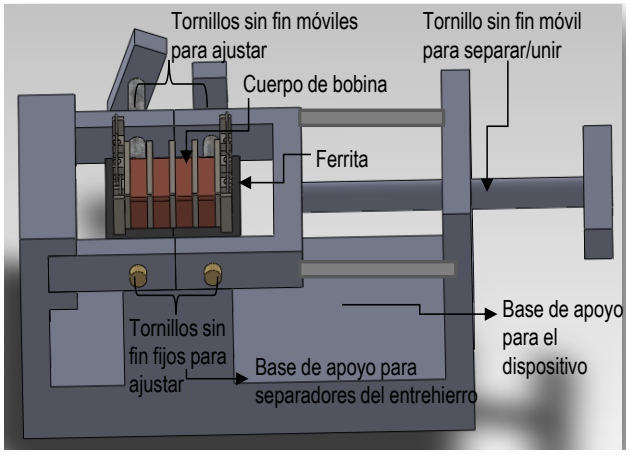


Ilustración 11 Dispositivo para ajustar inductancia de bobina

(Vista de Frente)

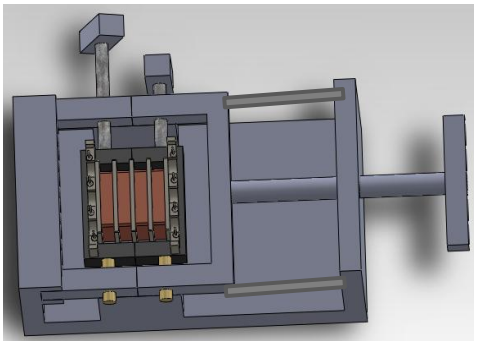


Ilustración 12 Dispositivo para ajustar inductancia de Bobina

(Vista desde Arriba)

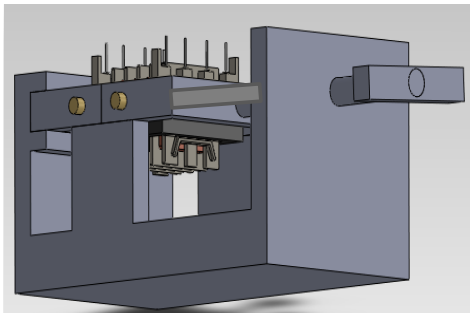


Ilustración 13 Dispositivo para ajustar inductancia de Bobina

(Vista desde Abajo)

5.1.2 Dispositivo para Estandarizar el doblado y corte de Diodos Rectifier

Debido a los resultados obtenidos en el Diagrama de Ishikawa de los balastros y en los Reportes de Producción y Control se pudo evidenciar que un factor constante es el desecho de los Diodos Rectifier, los cuales, son inservibles a causa de cortar los terminales sin estandarizar la medida y es por ello que algunos resultan muy cortos, los cuales, no se pueden manipular para soldarlos a la tarjeta electrónica de los balastros.

Para solventar este problema se realizó un prototipo de un dispositivo que permita estandarizar las dimensiones para doblar y cortar los Diodos Rectifier que se insertan y soldan en la tarjeta electrónica de los balastros. Este dispositivo que se observa en la Ilustración. 14 Dispositivo para Estandarizar el doblado y corte de Diodos Rectifier. Su sistema de funcionamiento consiste en colocar los componentes electrónicos anteriormente mencionados, sobre el soporte fijo y los mismos se sujetaran con la platina sujetadora, luego

el mazo doblador será presionado verticalmente hasta llegar al tope con el soporte fijo y de esta forma se generará el doblez y previamente a este proceso se cortarán los terminales con igual dimensión utilizando pinzas de corte.

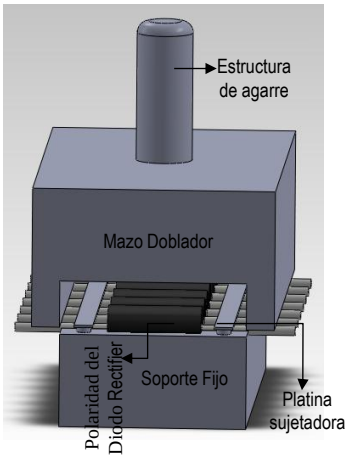


Ilustración 14 Dispositivo para Estandarizar el doblado y corte de Diodos Rectifier

(Vista de Frente)

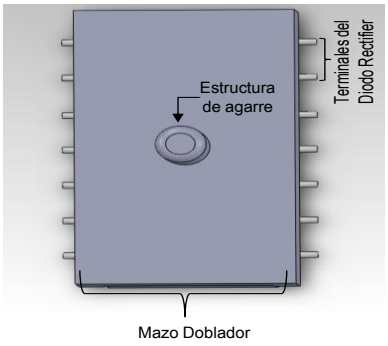


Ilustración 15 Dispositivo para Estandarizar el doblado y corte de Diodos Rectifier

(Vista desde Arriba)

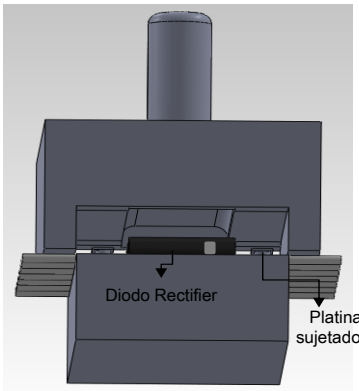


Ilustración 16 Dispositivo para Estandarizar el doblado y corte de Diodos Rectifier

(Vista desde Abajo)

Etapa	Descripción
Generación de idea	Se diseño un prototipo para la variación de la inductancia de bobinas, el cual, sirve para estandarizar el proceso de modificación de este parámetro según lo requerido por las especificaciones del producto.
Diseño preliminar del producto	Dimensiones de la estructura que ajusta y sostiene la bobina: 45mm*6mm*17,5mm Dimensiones de la base de soporte del dispositivo: 42mm*70mm*30mm Material para la construcción del dispositivo: Acero, hierro o aluminio.
Pruebas	Resistencia del material, fuerza de tracción, ductilidad del material, entre otras.
Diseño definitivo del producto	Este dispositivo sólo puede procesar una (1) bobina a la vez.

Tabla 24 Descripción del Dispositivo para calibrar bobinas

Etapa	Descripción
Generación de idea	Se diseño un prototipo para la doblar Diodos Rectifier, el cual, sirve para estandarizar el proceso de doblado y facilitar la manipulación de los mismos para su colocación en la parte posterior de las tarjetas electrónicas de los balastros.
Diseño preliminar del producto	Dimensiones de la base fija del dispositivo: 45mm*20mm*10mm Dimensiones del mazo doblador: 45mm*26mm*10mm Material para la construcción del dispositivo: Acero, hierro o aluminio.
Pruebas	Resistencia del material, fuerza de tracción, ductilidad del material, entre otras.
Diseño definitivo del producto	Este dispositivo puede procesar aproximadamente ocho (8) Diodos Rectifier a la vez.

Tabla 25Descripción del Dispositivo para doblar Diodos Rectifier

5.2 Tarjetas de Especificación

- **Ensamble de tarjetas de control**

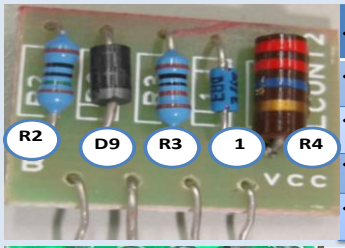
De acuerdo a las constantes fallas en las tarjetas de control es necesario entregar al operario encargado del ensamble de la misma, una tarjeta que contenga la información e ilustración requerida y de este modo evitar un ensamble erróneo o un cortocircuito en la misma, con esto se desea disminuir el mal funcionamiento o evitar que los balastros se quemen al realizarles las Pruebas de Control. (Ver Ilustración. 17 Tarjeta de especificación para el Ensamble de Tarjetas de Control).

- **Ensamble de tarjetas electrónicas de balastros**

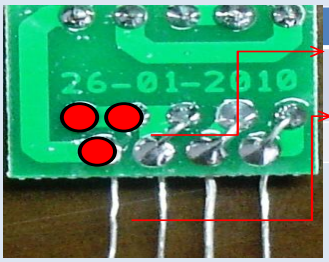
Una de las fallas más frecuentes que ocasionan que los balastros se quemen en el momento en que se realizan las Pruebas de Control es debido a la polaridad invertida de los Diodos Rectifier. Por lo cual, para disminuir este problema es necesario entregar al operario encargado del ensamble de los componentes electrónicos de las tarjetas electrónicas de los balastros una tarjeta en donde se indique que todas las polaridades (raya plateada) deben orientarse hacia un mismo lado. (Ver Ilustración. 18 Tarjeta de Especificación para el Ensamble de Tarjetas Electrónicas de Balastros).

- **Preparación de materiales aislantes**

Otro de los factores que hacen que los balastros se quemen al realizar las Pruebas de Control son las piezas de cartulina corrugada y mayla, las cuales, al no poseer las dimensiones requeridas no cumplen con su función de aislante, generando así la pérdida de algunos componentes electrónicos en el instante en que se quema el balastro. (Ver Ilustración. 19 Tarjeta de Especificación para Estandarizar Dimensiones del Material Aislante).



- (R2) Resistencia Metal Film. (1/4W, 1%, 150 Ohm, T/B).
- (R3) Resistencia Metal Film. (1/4W, 1%, 1K Ohm, T/B)
- (R4) Resistencia Metal Film. (1/2W, 1%, 22M Ohm, T/B).
- (D9) Diodo Rectifier. (1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B).
- (1) Diac DB3 (0.1mA, 28-36V, DO-35, T/B, ST).



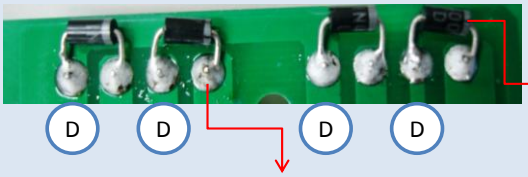
Código Tarjeta de Control: B – Vcc.

Observación: Es importante no realizar la conexión en las tres (3) última terminaciones señalizadas, ya que produce cortocircuito.

Terminaciones creadas con ajustes de inserción

Nota: Las resistencias (R2) y (R3) sus franjas de colores son muy similares, por lo cual, se recomienda ubicarlas en sitios separados para evitar confusiones y colocar dos (2) resistencias iguales.

Ilustración 17 Tarjeta de Especificación para el Ensamble de Tarjetas de Control



Nota: La soldadura de los componentes electrónicos deben ser uniforme y evitar las burbujas en los puntos de soldadura (soldadura fría).

(D) Diodos(1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B)
Código tarjeta: Salida de bombillo

Polaridad del diodo: Raya Plateada.

Observación: Todas las rayas plateadas de todos los diodos deben estar orientadas obligatoriamente en la misma dirección. (Izquierda o derecha)

Ilustración 18 Tarjeta de Especificación para el Ensamble de Tarjetas de Control

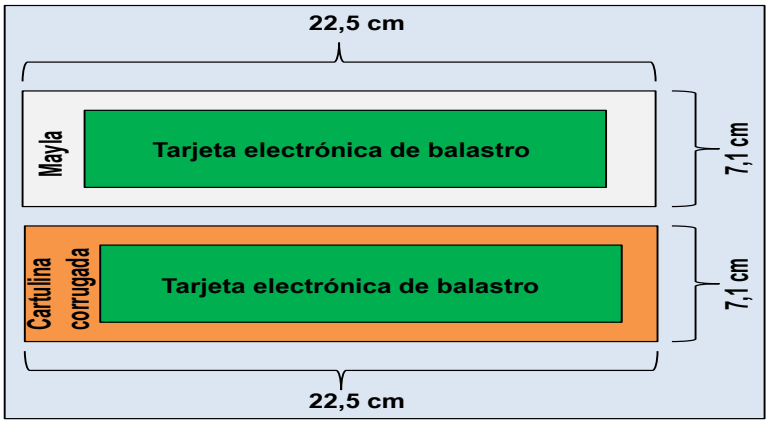


Ilustración 19 Tarjeta de Especificación para Estandarizar dimensiones de los Materiales Aislantes

5.3 Indicadores de Gestión

La siguiente propuesta se basa en el establecimiento de un grupo de indicadores de gestión adecuados a las necesidades de la empresa.

- **Porcentaje de Tipos de luminarias y balastros fabricados**

El área de producción desconoce el porcentaje de fabricación de los diferentes tipos de luminarias y balastros. El departamento de Ventas conoce de manera general, cuales son los productos más vendidos, pero no existe transferencia de esta información con el área de producción.

Para llevar un control, en cuanto a la producción, se propone calcular el porcentaje de fabricación de cada tipo de producto, con respecto al total de productos. Este control permitirá procesar datos históricos de los productos más demandados y de esta forma permitir la planificación de producción con cierta holgura de tiempo, o en futuros cambios en el manejo de producción.

El período de análisis puede variar de acuerdo a las consideraciones del evaluador. En este caso se propone un análisis mensual.

$$\%Tipo\ de\ Luminaria = \frac{N°de\ un\ tipo\ de\ Luminaria\ específico}{N°\ Total\ de\ Luminarias\ fabricadas}\ x\ 100$$

Este porcentaje será reportado por el Jefe de Planta y Gerencia de Producción de Industria Venezolana de Iluminación C.A.

En el tiempo de estudio de los investigadores, se recolectaron los siguientes resultados:

Producto / Subproducto	Total de Producto/Subproducto Fabricado	Total de Producto/Subproducto Retrabajado
Luminaria 2xPL/2xT5	184	27
Luminaria 4x54W	237	56
Luminaria 6x54W	12	4
Luminaria 6x14W	30	11
Bobinas	1500	750
Tarjetas de Control	748	
Drivers	658	339
Balastros	748	
Número Total de Luminarias fabricadas	463	

Tabla 26 Resumen de unidades producidas y retrabajadas según el tipo de luminaria

A continuación se presenta un ejemplo para el período de estudio de cuatro (4) semanas de la aplicación del porcentaje de luminarias y balastros fabricados:

$$\%Luminaria\frac{2xPL}{2xT5} = \frac{Número\ de\ Luminarias 2xPL/2xT5}{Número\ Total\ de\ Luminarias\ fabricadas} x\ 100$$
$$= \frac{184}{463}\ x\ 100 = 39{,}74\%$$

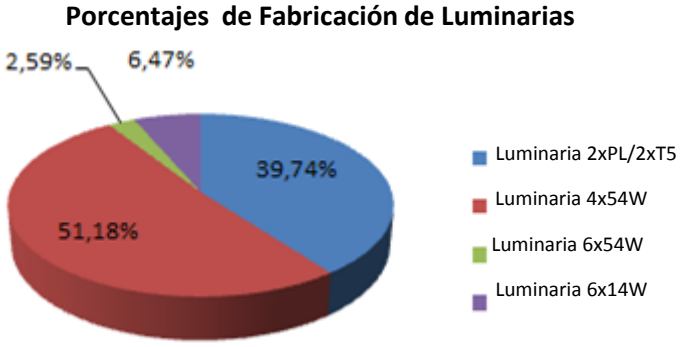


Ilustración 20 Porcentajes de Fabricación de Luminarias en un período de estudio de 4 semanas

- **Indicador de Fallas Registradas en Subproductos y productos**

El establecimiento de este indicador permitirá visualizar de forma directa el tipo de falla encontrada en los balastros y luminarias, así como un seguimiento del operario responsable de la producción de dicha pieza con fallas. (Ver Tabla 25. Formato de Registro de Fallas).

La medición del número de fallas se llevará a cabo por cada tipo de luminaria y orden de producción, indicando los responsables de la fabricación y personal encargado de las Pruebas de Control.

Esta lista debe ser llenada al culminar las actividades de un producto en proceso, es decir, en las etapas de embobinado, calibración de drivers, ensamblaje de tarjetas de control, ensamblaje de balastros y Pruebas de control en el producto final.

El responsable de llenar el formato, debe ser el encargado del chequeo visual de los productos en proceso y de esta forma registrar correctamente cualquier tipo de falla existente.

Con la propuesta de mejora para los indicadores de falla se desea lograr una mejor Gestión de Calidad en los productos y procesos, así como un ahorro en la utilización de los recursos en el retrabajo. (Ver en la sección de Anexos E. Registro de Fallas en Subproductos/Productos).

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

REGISTRO DE FALLAS

Registro de Fallas	Nombre: _____	Fecha: _____		
Producto	**Tipo de Falla**	**Piezas/Producto de desecho**	**Tiempo de retrabajo**	**Porcentaje de Defectuosos**

Tabla 27 Formato de Registro de Fallas

Los datos obtenidos, se representan a través de gráficos de torta y de esta forma visualizar los productos/subproductos con el mayor número de fallas. Estos gráficos se podrán realizar con una frecuencia semanal o mensual.

A continuación se presenta un ejemplo:

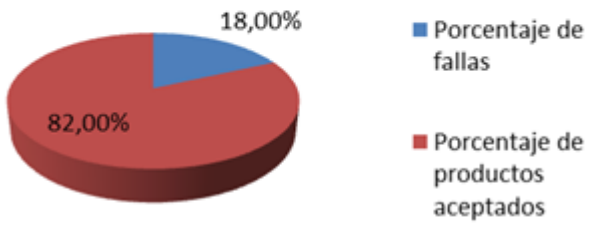


Ilustración 21 Porcentaje de Fallas en Luminarias 2x54W para la semana 7 del período de estudio

- **Indicador de Desempeño del Operario**

Concepto de Desempeño

El indicador de desempeño debe tomar en cuenta la eficiencia en términos de producción del operador, la calidad de su trabajo (menor cantidad de fallas posibles), el cumplimiento de los tiempos establecidos y la disminución de los desperdicios, para llevar un control y seguimiento de los procesos, a nivel del trabajo realizado por cada operario. Asociado a esto, se debe tomar en cuenta la experiencia del trabajador, utilizando los factores de calificación del operador.

La frecuencia con la que el Jefe de Producción deberá reportar este indicador será quincenal, para relacionar dicho indicador con el Bono de Producción ofrecido por la Gerencia de Producción. Para generar una "competencia sana" entre los operarios, se reportara el desempeño de cada uno, en una cartelera informativa. La cartelera permitirá que cada operador conozca su desempeño, lo que podría motivarlo a realizar una mejor labor, en caso de presentar bajo desempeño.

En la siguiente tabla se registra los datos de un determinado operario, según las horas trabajadas y piezas reprocesadas en la actividad ejecutada.

PROCESO	Tiempo	Productos Fabricados	Productos Semielaborados	Productos Reprocesados
Reparación de Luminarias 6x14W	24 min			1
Reparación de Luminarias en Garantía	1 hora			2
Reparación de Luminarias 4x54W	16 min			30
Reparación de Luminarias 2xPL /2xT5	4 horas 10 min 12 seg			16
Realizar Pruebas de Control a Luminarias	30 min		2	
Supervisión y distribución de trabajo	6 horas 58 min 12 seg	-	-	-
Colocar Balastros en lámina metálica	3 horas 23 min 48 seg		38	
Etiquetar Luminarias 4x54W	1 hora 12 min		56	
Realizar cableado a Luminarias 4x54W	9 horas 8 min 48 seg		59	
Preparación de materiales	5 horas 18 min			
Control visual de Balastros	-	-	-	-
Realizar cableado a Luminarias 2xPL/2xT5	1 hora 55 min 12 seg		29	
Extraer e insertar nuevas bobinas en	40 min		25	
Ensamblar Balastro a cajetín (Luminaria	3 horas 32 min 48 seg		39	
Etiquetar Luminarias 2xPL/2xT5	10 min		12	
Reparación de Luminarias 6x54W	-	-	-	-
Reparación de Balastros 2xPL/2xT5	45 min			2
Chequeo visual de Luminaria 4x54W	35 min	3		
Montar Balastros sobre cartulina corrugada	2 horas		16	
Pruebas de Control a Luminarias 4x54W	50 min	12		
Colocar láminas reflectoras en 2xPL/2xT5	1 hora		8	
Realizar extensiones	1 hora 10 min		3	
Realizar Tarjeta Universal	20 min		1	
Ensamblar Balastro 2x 54W	1 hora 40 min		4	
Ensamblar Balastro Universal	26 min		1	
Embalar Luminaria 2xPL /2xT5	1 hora 40 min	10		

Tabla 28 Resumen del Tiempo Trabajado por el Jefe de Línea

Las horas corresponden a cuatro (4) semanas de trabajo.

El porcentaje de horas eficientes por operario se presenta a continuación:

$$\%\ Horas\ trabajas\ eficientes = \frac{Número\ de\ horas\ trabajas\ por\ operario}{Número\ Total\ de\ horas}\ x\ 100$$

Ejemplo de aplicación para un determinado operario:

$$\%\ Horas\ trabajas\ eficientes = \frac{64{,}76}{160} x100 = 40{,}48\%$$

Este ejemplo, se basó en un período de estudio de cuatro (4) semanas. El valor arrojado está muy por debajo de la valoración establecida como estándar para los operarios, ya que los datos pertenecen al Jefe de Línea, encargado de supervisar, coordinar, distribuir actividades, etc., actividades que no están establecidas como productivas dentro de los Reportes de Producción. Debido a esto se aplica una valoración especial para el Jefe de Línea.

Ilustración 22 Porcentaje de Horas Eficientes por Operario para un período de estudio de 4 semanas

El porcentaje de piezas reprocesadas por operario y por producto/subproducto, se presenta a continuación:

$$\%Piezas\ Reprocesadas\ por\ Tipo\ de\ Subproducto/Producto = \frac{N°de\ unidades\ reprocesadas}{N°\ Total\ de\ unidades\ semielaboradas/fabricadas} x\ 100$$

Con los datos suministrados en la Tabla 26. Resumen del tiempo trabajado por el Jefe de Línea, a continuación se presenta la aplicación:

$$\%Piezas\ Reprocesadas\ por\ Tipo\ de\ \frac{Subproducto}{Producto} = \frac{51}{318} x\ 100 = 16{,}04\%$$

Este porcentaje de piezas reprocesadas, está por encima de la valoración establecida del 10%, por ende, se deben efectuar acciones correctivas sobre las actividades ejecutadas por el operario correspondiente, así como una anulación o disminución de su bono de producción.

Ilustración 23 Porcentajes de Piezas Reprocesadas por Operario para un período de estudio de 4 semanas

El porcentaje de piezas desechadas por operario y por producto/subproducto, se presenta a continuación:

$$\%Piezas\ Desechadas\ por\ Tipo\ de\ Subproducto/Producto = \frac{N°de\ unidades\ desechadas}{N°\ Total\ de\ unidades\ fabricadas} x\ 100$$

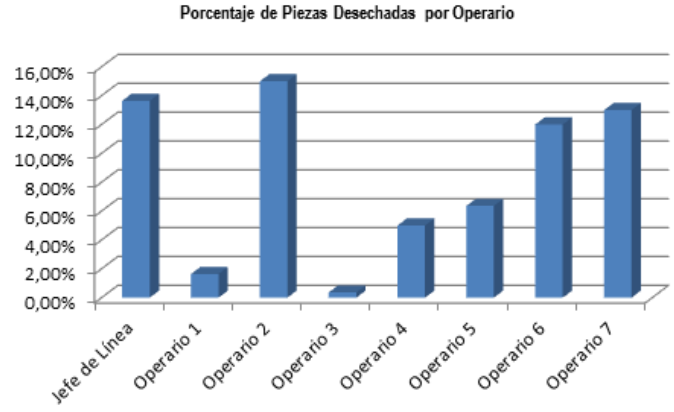


Ilustración 24 Porcentajes de Piezas Desechadas por Operario para un período de estudio de 4 semanas

5.4 Creación de estación de trabajo para preparación de cableado

Las luminarias 6x14W, 6x54W y 4x54W, son unas de las luminarias que más utilizan el recurso tiempo en su producción, más específicamente en el proceso de cableado. Dicho

proceso de cableado es 100% manual, consiste en pelar y cortar los cables de acuerdo a la ubicación de los balastros en el soporte de la luminaria, luego se insertan en las entradas y salidas de los balastros de acuerdo a la inserción de los mismos en los sócates.

El establecimiento de esta estación de trabajo facilitará el trabajo al operario y disminuirá los tiempos de producción de las luminarias antes mencionadas. Se cortarán y pelarán cables por lotes de acuerdo a los registros del indicador del porcentaje de luminaria con mayor demanda.

CAPÍTULO VI

A partir del estudio realizado para la mejora de los procesos de producción de la empresa se plantean las siguientes conclusiones y recomendaciones.

6.1 Conclusiones

Mediante el seguimiento continuo del proceso de producción se determinaron las principales fallas que afectan a las luminarias y balastros, así como el origen de las mismas. Estas fallas se relacionan con la aparición de soldadura fría, incorrecta inserción de componentes electrónicos en el balastro y tarjeta de control, terminales largos de en los componentes electrónicos, cortocircuito en los soportes de inserción de la tarjeta de control y problemas con el material aislante.

Los indicadores de eficiencia analizados, se basaron en las horas efectivas, horas de reproceso, unidades producidas, unidades reprocesadas y piezas desechas, estableciéndose el tiempo de estudio correspondiente por tipo de luminaria y balastro. Los datos de entrada de los indicadores, se consiguieron mediante el seguimiento continuo de Reportes de Producción, que suministra la información del tipo de actividad ejecutada por cada uno de los operarios, así como el período de tiempo involucrado en efectuar la actividad y las piezas desechadas.

De acuerdo a las observaciones y a las necesidades evidenciadas en el estudio se propuso una serie de propuestas que son las siguientes: dispositivos Poka Yoke para ajustar capacitancia de bobinas y para estandarizar doblado y corte de Diodos Rectifier; Tarjetas Kanban para el ensamble de tarjetas de control, ensamble de tarjetas de balastros, y para la preparación de los materiales aislantes; y por último un cuadro de indicadores de gestión para medir la eficiencia de los procesos de producción, controlando variables tales como el porcentaje relativo de luminarias y balastros fabricados, las fallas ocurridas en los productos y

subproductos, y el desempeño de cada operario, en cuanto al número de piezas reprocesadas, y desechadas por operario, y el número de horas reales trabajadas de cada operario. Los dispositivos a Prueba de Error y las Tarjetas de Especificaciones ayudaran en la estandarización y en la disminución de los errores en las operaciones de producción, reduciendo los costos de reproceso y los tiempos de producción, generando un mejor desempeño productivo y un incremento del margen de utilidad. Mientras que los cinco (5) indicadores de gestión permitirán llevar un mejor control y seguimiento de los procesos, en términos de eficiencia y calidad en los mismos. Las propuestas de mejoras en los Reportes de Producción, ayudaran al seguimiento del indicador de fallas, ya que se tendrá trazabilidad del tipo de luminaria procesada, así como el operario responsable de las fallas encontradas en el correspondiente chequeo visual o Prueba de Control.

6.2 Recomendaciones

Entre las principales recomendaciones, se pueden mencionar las siguientes:

- Registrar de forma continua los Reportes de Producción y Control, para contabilizar los productos fabricados y llevar un seguimiento de las fallas y desperdicios que se pudiesen generar con el objeto de tomar las decisiones más adecuadas para disminuir las mismas.

- Aplicar algunas técnicas de Lean Manufacturing como son takt time, principio de reducción de costos, Kanban, entre otras, las cuales generarán un mejor desempeño de la empresa en general.

- Recompensar con bonificaciones a los operarios que fabriquen productos con el menor porcentaje de fallas y desperdicios. Incentivando así una mejora continúa en los procesos de producción. Las mismas se pueden realizar con las crecientes utilidades de la empresa.

- Aumentar el número de destornilladores eléctricos, para que los mismos puedan ser usados por los operarios encargados del cableado de luminarias y así disminuir el tiempo empleado en esta actividad.

- Respetar el tiempo necesario para ejecutar el proceso de soldadura y así evitar la aparición de soldadura fría.

- Asignar el seguimiento de los reportes de producción al Jefe de Producción y Jefe de Línea, ya que son los principales responsables del área de producción.

- El análisis del factor humano es importante para la eficiencia de la producción. La distribución del espacio de los puestos de trabajo, inconformidad con estándares ajustados de producción y exigencia psicológica, son algunos factores que afectan a los operarios. Por esto que se exhorta a realizar un análisis enfocado al estudio de los mismos y de otros factores que pudiesen afectar la estabilidad social, psicológica y motivacional del operario en su entorno laboral. Tomar en cuenta las observaciones y recomendaciones del personal, ya que ellos son los que se encuentran día a día en contacto directo y permanente con el proceso, y por su experiencia pueden detectar posibles mejoras para las actividades que realizan

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, F.G. "El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica." Cuarta Edición, Episteme, 2004.

- Gónzalez, Vanessa. "Elaboración de un manual de procedimientos y de un instructivo de operaciones de una empresa fabricante de luminarias ubicada en el Estado Miranda". Informe de Pasantía. Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, 2012.

- Heizer, Jay y Render, Barry. "Dirección de la Producción y de Operaciones. Decisiones estratégicas". Prentice-Hall, 2007.

- Hurtado, Jacqueline "Metodología de la Investigación Holística". Caracas, 1998, Segunda Edición.

- Kanawaty, George. "Introducción al estudio de trabajo". Organización Internacional del Trabajo 1996, 1996.

- Niebel, Benjamín y Freivalds, Andris. "Ingeniería Industrial Métodos Estándares y Diseño del Trabajo". Editorial Alfaomega. México, 2004.

- Villaseñor, Alberto y Galindo, Edber. "Conceptos y reglas de Lean Manufacturing". Editorial Limusa. México, 2007.

ANEXOS

ANEXO A. Diagramas SIPOC de Productos Semiprocesados/Terminados

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

DIAGRAMA SIPOC DE PRODUCTOS SEMIPROCESADOS 2

Proveedores	Entradas	Procesos	Resultados	Clientes
Distribuidor IB **Operarios de Ensamble de Tarjetas de Control** **Operarios de Calibrar Bobinas**	**1. Energía eléctrica.** **2. Balastro chino:** **Condensadores (0,1uF/400V)** **Condensadores (1uF/400V)** **Condensadores (4,7uF/250V)** **Condensadores (1nF/1600V)** **Condensadores (4,7nF/1200V)** **Driver** **Bobinas** **Varistores 320L20 (V320LA20A)** **Transistores** **3. Resistencia (100Ω/2W)** **Resistencia (100Ω/3W)** **Resistencias(560Ω/1/4W)** **Resistencias(220KΩ/1/4W)** **4. Diodos Rectifier (1000V/ 1A)** **Diodos Zener (15V/ 1W)** **5. Fusible (2A)** **6. Tarjeta de Control(B/C/D/Vcc)** **7. Hilo de Estaño.** **8. Puentes.** **9. Platina.** **10. Tuercas.** **11. Arandelas.**	**1. Revisar que el balastro importado tenga todos los componentes electrónicos.** **2. Preparar los componentes electrónicos a insertar.** **3. Cortar, doblar, insertar y soldar los componentes electrónicos.** **4. Retirar bobinas y colocar bobinas con las especificaciones requeridas por el balastro.** **5. Colocar puente según voltaje requerido por el balastro.** **6. Colocar sobre el cajetín un trozo de Mayla y sobre éste, un trozo de cartulina corrugada.** **7. Colocar sobre los trozos de aislantes la Tarjeta Electrónica.** **8. Ajustar la Tarjeta del circuito electrónico al cajetín con una platina, tuercas y arandelas.** **9. Colocar Mayla en la zona de los transistores.** **10. Realizar Pruebas de Control.** **11. Sellar con remaches el cajetín del balastro.** **12. Etiquetar y empacar.**	**Balastro para:** **Luminaria 2x54W** **Luminaria 4x54W** **Luminaria 6x54W**	**Operarios de Ensamble de Luminarias**

Tabla 29 Diagrama SIPOC de Productos Semiprocesados 2

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

DIAGRAMA SIPOC DE PRODUCTO SEMIPROCESADO 3

Proveedores	Entradas	Procesos	Resultados	Clientes
Distribuidor IB Operarios de Ensamble de Tarjetas de Control Operarios de Calibrar Bobinas	1. Energía eléctrica. 2. Balastro chino: Condensadores (0,1uF/400V) Condensadores (4,7uF/250V) Condensadores (4,7uF/1200V) Condensadores (1000pF/1000V) Condensadores (1nF/1600V) Condensadores (6,8nF/1000V) Driver Bobinas Varistores 320L20 (V320LA20A) Transistores 3. Resistencia (100Ω/2W) Resistencias(560Ω/1/4W) Resistencias(220KΩ/1/4W) 4. Diodos Rectifier (1000V/ 1A) Diodos Zener (15V/ 1W) 5. Fusible (2A) 6. Tarjeta de Control(B/C/D/Vcc) 7. Hilo de Estaño. 8. Platina 9. Tuercas 10. Arandelas	1. Revisar que el balastro chino tenga todos los componentes electrónicos. 2. Preparar los componentes electrónicos a insertar. 3. Cortar, doblar, insertar y soldar los componentes electrónicos. 4. Retirar bobinas y colocar bobinas con las especificaciones requeridas por el balastro. 5. Colocar puente según voltaje requerido por el balastro. 6. Colocar sobre el cajetín un trozo de Mayla y sobre éste, un trozo de cartulina corrugada. 7. Colocar sobre los trozos de aislantes la Tarjeta del circuito electrónico. 8. Ajustar la Tarjeta del circuito electrónico al cajetín con una platina, tuercas y arandelas. 9. Colocar Mayla en la zona de los transistores. 10. Realizar Pruebas de Control. 11. Sellar con remaches el cajetín del balastro. 12. Etiquetar y empacar.	Balastro 6x14W	Operarios de Ensamble de Luminarias

Tabla 30 Diagrama SIPOC de Productos Semiprocesados 3

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

DIAGRAMA SIPOC DE PRODUCTOS TERMINADOS

Proveedores	Entradas	Procesos	Resultados	Clientes
Distribuidor IB Operarios de Ensamblaje de Balastros	1. Base de Luminaria. 2. Cables 3. Sócates 4. Tornillos 5. Remaches tipo pin 6. Bombillos 7. Etiqueta 8. Material de Embalaje: Trozos de cartón Cinta adhesiva	1. Colocar los balastros en la base de la luminaria. 2. Insertar sócates en los cabezales de la luminaria. 3. Realizar cableado de la luminaria. 4. Realizar Pruebas de Control. 5. Verificar que la potencia de la luminaria esté dentro de los parámetros requeridos. 6. Colocar remaches en los cabezales de la luminaria. 7. Realizar embalaje de luminaria.	Luminaria 2x54W Luminaria 4x54W Luminaria 6x54W	Centros Comerciales: Sambil Caracas Sambil San Cristóbal
Distribuidor IB Operarios de Ensamblaje de Balastros	1. Base de Luminaria. 2. Cables 3. Sócates 4. Tornillos 5. Remaches tipo pin 6. Bombillos 7. Etiqueta 8. Material de Embalaje: Cajas de cartón Cinta adhesiva	1. Colocar los balastros en la base de la luminaria. 2. Insertar sócates en los cabezales de la luminaria. 3. Realizar cableado de la luminaria. 4. Realizar Pruebas de Control. 5. Verificar que la potencia de la luminaria esté dentro de los parámetros requeridos. 6. Colocar remaches en los cabezales de la luminaria. 7. Realizar embalaje de luminaria.	Luminaria 6x14W	Centros Comerciales: Sambil Caracas Sambil San Cristóbal

Tabla 31 Diagrama SIPOC de Productos Terminados

ANEXO B Descripción de la Producción de Luminarias

ANEXO B.1 Hojas de Instrucción

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-012	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma:** _____
Objeto: ***Balastro 6x14W (277V) + Luminaria***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma:**_____
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Balastro Final	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Descripción de la Actividad a Realizar	Código Tarjeta
Tarjeta Electrónica Fuente	
Chequear visualmente si hay ausencia de componentes (Notificar componente faltante).	
Tarjeta Electrónica Inversor	
Preparar doce (12) Diodos (1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B) doblado y picado (Ver Fig. 13).	
Insertar doce (12) Diodos (1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B) en el terminal de la Tarjeta (Ver Fig. 14).	**Salida de bombillo**
Retirar diodos ubicados en el código correspondiente a Z2, Z4, Z6 y Z8.	
Preparar cuatro (4) Resistencias (1/4W, 1%, 560 Ohms, T/B) doblado y picado (Fig. 12).	**Z2, Z4, Z6 y Z8**
Insertar cuatro (4) Resistencias (1/4W, 1%, 560 Ohms, T/B).	
Soldar y cortar cuatro (4) Resistencias (1/4W, 1%, 560 Ohms, T/B).	
Insertar seis (6) Condensadores POLYPRO (4.7nF/1200V).	
Soldar y cortar los terminales de los seis (6) Condensadores POLYPRO (4.7nF/1200V).	
Retirar (desoldar)seis (6) Transformadores.	**Q1,Q2**
Insertar y soldar seis (6) transformadores con las siguientes especificaciones: 160T, una inductancia de 2.7mH.	
Soldar Tarjeta de Control (Soldador de estaño).	
Sobreponer dos (2) Condensadores POLIPRO (6.8nF/1000V) sobre dos resistencias de 100 Ohm, por medio de pinzas y estaño.	**R9,R10**

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***
Sandra Alay _____ **Vanessa González** _____

FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012
CARACAS

Aprobado por: ***Gerente de Producción***
Ing. Lorena Cavolina _____

17

Tabla 32 Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 6x14W

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-013	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma:** _____
Objeto: ***Balastro 6x14W (277V)+ Luminaria***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma:** _____
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Balastro Final	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Descripción de la Actividad a Realizar

Armado de balastro

Colocar sobre la base de aluminio Cartulina corrugada.

Colocar circuito electrónico sobre la Cartulina corrugada según la posición de los huecos de la base.

Colocar en los tornillos de 1/8", trozos de espaciadores entre el circuito eléctrico y la base metálica de aluminio.

Colocar y fijar Platina previamente cortada con dimensiones: 1/2" x 1/8"x 5cm largo (Utilizando tornillo 1/8" x 1/2" con tuerca y arandela plana).

Sujetar el balastro a la luminaria por medio de los huecos de sujeción (Utilizando tornillos 1/8" x 1/2" con tuercas y arandela plana).

Colocar Mayla (espesor: 0.35µ) previamente cortada con dimensiones: 1.5 cm x 4.3 cm en la zona de transistores.

Realizar Pruebas de Control de funcionamiento (Ver Hoja de Instrucción PRN-ITT-001).

Armado de Luminaria:

Realizar el cableado (Ver Fig. 15).

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***			**Aprobado por:** ***Gerente de Producción***
Sandra Alay	**Vanessa González**	**FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012** **CARACAS**	**Ing. Lorena Cavolina**

18

Tabla 33 Continuación de la Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 6x14W

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-014	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma:** _____
Objeto: ***Balastro 6x14W (208/240/277V) + Luminaria***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma:** _____
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Balastro Final	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Figuras

Fig. 12 Resistencias de 560 Ohm

Código Tarjeta: Z2,Z5,Z6,Z9

Verificación código de colores: Verde, azul , marrón y dorado.

Fig. 13 Diodo

Código Tarjeta: Salida de Bombillo

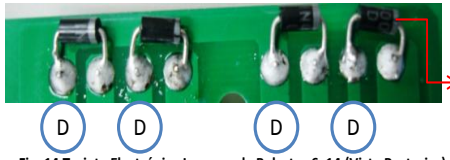


Fig. 14 Tarjeta Electrónica Inversor de Balastro 6x14 (Vista Posterior) (4 de 12 Diodos)

(D) Diodos(1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B)
Código tarjeta: Salida de bombillo

Polaridad del diodo: Raya Plateada.

Observación: Todas las rayas plateadas de todos los diodos deben estar orientadas obligatoriamente en la misma dirección. (Izquierda o derecha)

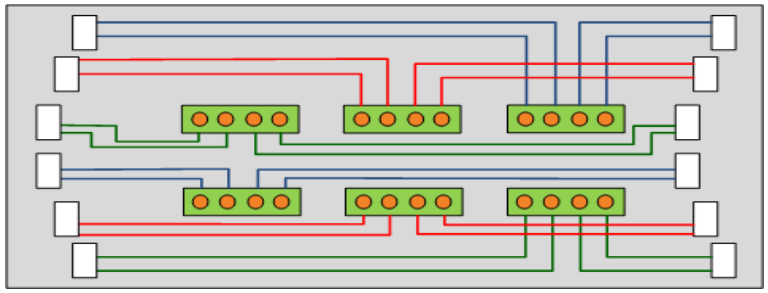


Fig. 15 Cableado Balastro 6x14W

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***			**Aprobado por:** ***Gerente de Producción***
Sandra Alay _____	**Vanessa González** _____	**FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012** **CARACAS**	**Ing. Lorena Cavolina** _____

19

Ilustración 25 Hoja de Instrucción (Figuras) para fabricar balastros para Luminaria 6x14W

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-038	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma:** _____
Objeto: ***Balastro 2xT5-54W (277V)***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma:** _____
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Balastro Final	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Descripción de la Actividad a Realizar	Código Tarjeta
Tarjeta Electrónica Fuente	
Chequear visualmente si hay ausencia de componentes (Notificar componente faltante).	
Tarjeta Electrónica Inversor	
Preparar cuatro (4) Diodos (1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B) doblado y picado (Ver Fig. 10).	**Salida de bombillo**
Insertar cuatro (4) Diodos (1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B) en el terminal de la Tarjeta.	
Retirar dos (2) Condensadores (4.7nF/1600V POLYPRO) que posee la Tabla Electrónica originalmente.	**C15, SN**
Insertar dos (2) Condensadores (4.7nF/1600V POLYPRO).	
Soldar y cortar los terminales de los dos (2) Condensadores (4.7nF/1600V POLYPRO).	
Preparar cuatro (4) Resistencias (1/4W, 1%, 560 Ohms, T/B) doblado y picado (Ver Fig. 12).	**Z2, Z5, Z6, Z9**
Sobreponer sobre los Zener cuatro (4) Resistencias (1/4W, 1%, 560 Ohms, T/B) por medio de pinzas y estaño.	
Insertar Tarjeta de Control.	**B - Vcc**
Soldar Tarjeta de Control (Soldador de estaño).	
Retirar (desoldar) dos (2) Transformadores si la potencia es diferente a las especificaciones.	**TR1, TR1**
Insertar y soldar dos (2) Transformadores con las siguientes especificaciones: 110T, Inductancia de 1,06 mH.	
Para 277V, verificar la posición del puente (Ver Fig. 18).	

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***

Sandra Alay **Vanessa González**

FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012
CARACAS

Aprobado por: ***Gerente de Producción***

Ing. Lorena Cavolina

43

Tabla 34 Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 2x54W

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-039	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma:** _____
Objeto: ***Balastro 2xT5-54W (277V)***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma:** _____
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Balastro Final	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Descripción de la Actividad a Realizar

Armado de balastro

Colocar sobre la base de la caja metálica un trozo de Mayla (espesor: 0.35µ) previamente cortado con dimensiones: 7.1 cm x 22.5 cm.

Colocar un trozo de Cartulina corrugada sobre Mayla con dimensiones: 7.1 cm x 22.5 cm.

Colocar circuito electrónico sobre la Cartulina corrugada según la posición de los huecos de la base.

Colocar y fijar Platina previamente cortada con dimensiones: 1/2" x 1/8"x 5cm largo (Utilizando tornillo 1/8" x 1/2" con tuerca y arandela plana).

Colocar Mayla (espesor: 0.35µ) previamente cortada con dimensiones: 1.5 cm x 4.3 cm en la zona de transistores.

Realizar Pruebas de Control de funcionamiento (Ver Hoja de Instrucción PRN-ITT-001).

Colocar y remachar parte superior de la caja metálica.

Etiquetar con especificaciones exactas 54W 277V del producto terminado.

Empacar con envoltorio de búrbuja.

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***			**Aprobado por:** ***Gerente de Producción***
Sandra Alay	**Vanessa González**	**FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012** **CARACAS**	**Ing. Lorena Cavolina**

44

Tabla 35 Continuación de la Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 2x54W

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-040	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma:** _____
Objeto: ***Balastro 2xT5-54W (208/240/277V)***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma:** _____
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Balastro Final	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Figuras

Fig. 10 Tarjeta Electrónica Inversor de Balastro 2xT5 (Vista Posterior)

(D) Diodos(1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B)
Código tarjeta: Salida de bombillo

Polaridad del diodo: Raya Plateada.

Observación: Todas las rayas plateadas de todos los diodos deben estar orientadas obligatoriamente en la misma dirección. (Izquierda o derecha)

Fig. 12 Resistencias de 560 Ohm

Código Tarjeta: Z2,Z5,Z6,Z9

Verificación código de colores: Verde, azul , marrón y dorado.

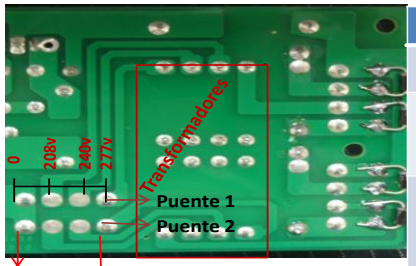


Fig. 18 Puente. (Vista Posterior)

Vista posterior del balastro en la zona del puente.

La soldadura en los extremos indica un ajuste de voltaje a 277 Voltios. (Ver Fig. 16)

En el caso de requerir un voltaje de 240 Voltios, la soldadura del puente disminuye su distancia a la mitad de la capacidad disponible con respecto a la soldadura fija (más alejada de los condensadores).

Finalmente para el caso en que se requiera un voltaje de 208 Voltios, la soldadura del puente disminuye la distancia al mínimo de capacidad disponible con respecto a la soldadura tomada como fija.

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***			**Aprobado por:** ***Gerente de Producción***
Sandra Alay _____	**Vanessa González** _____	**FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012** **CARACAS**	**Ing. Lorena Cavolina** _____

45

Ilustración 26 Hoja de Instrucción (Figuras) para fabricar balastro para Luminaria 2x54W

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-048	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma: _____**
Objeto: ***Balastro 4xT5-54W***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma: _____**
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Balastro Final	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Descripción de la Actividad a Realizar

Tarjeta Electrónica Fuente

Chequear visualmente si hay ausencia de componentes (Notificar componente faltante).

Armado de balastro

Abrir agujeros en la caja metálica.

Colocar sobre la base de la caja metálica un trozo de Mayla (espesor: 0.35µ) previamente cortado con dimensiones: 7.1cm x 22.5cm.

Colocar de un trozo de Cartulina corrugada sobre Mayla con dimensiones: 7.1cm x 22.5cm.

Colocar silicone con pack en los transistores (Zona de contacto con la base de aluminio).

Ubicar dos (2) balastros a lo largo de la caja metálica y alinearlos con los agujeros previamente realizados.

Ajustar dos (2) balastros con tuerca y arandela (3/8" x 1/8") a la caja metálica (Ver Fig. 24).

Pelar el cable en los extremos para insertarlo en el cabezal de los sócates y en los balastros.

Insertar ocho (8) cables en el cabezal de los sócates.

Separar en dos partes de cuatro (4) cables cada una e introducir por los dos agujeros ubicados en la caja metálica.

Realizar el cableado (Ver Fig. 25).

Colocar dos (2) tirrajes para compactar los cables.

Colocar seis (6) tornillos para ajustar el cabezal a los sócates

Colocar cuatro (4) remaches en cada cabezal para sellarlo a los sócates.

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***		**Aprobado por:** ***Gerente de Producción***
Sandra Alay **Vanessa González**	**FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012** **CARACAS**	**Ing. Lorena Cavolina**

53

Tabla 36 Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 4x54W

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-049	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma:** _____
Objeto: ***Balastro 4xT5-54W***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma:** _____
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Balastro Final	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Figuras

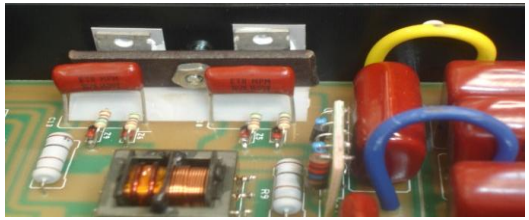


Fig. 24 Ajuste de Balastro con la Caja metálica

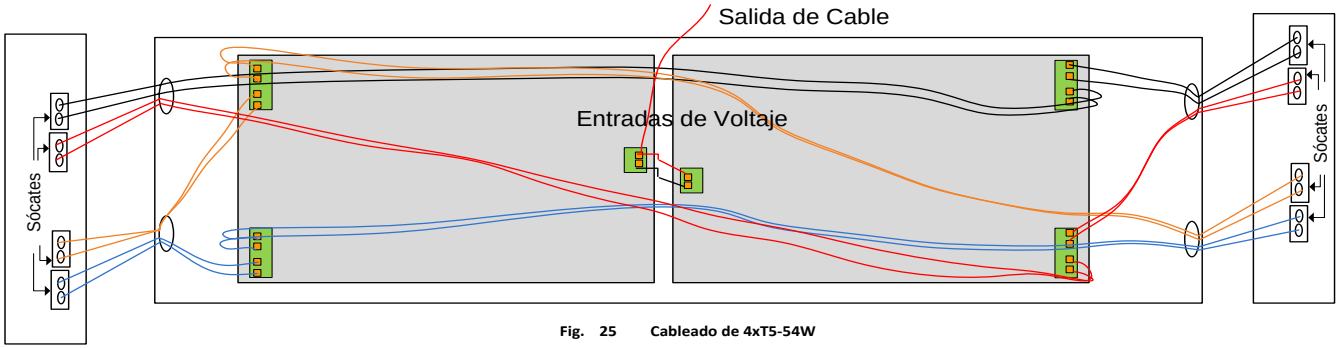


Fig. 25 Cableado de 4xT5-54W

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***			**Aprobado por:** ***Gerente de Producción***
Sandra Alay	**Vanessa González**	**FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012** **CARACAS**	**Ing. Lorena Cavolina**

54

Ilustración 27 Hoja de Instrucción (Figuras) para fabricar balastro para Luminaria 4x54W

IVI Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-050	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma:** _____
Objeto: ***Balastro 6xT5-54W***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma:** _____
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Balastro Final	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Descripción de la Actividad a Realizar

Tarjeta Electrónica Fuente

Chequear visualmente si hay ausencia de componentes (Notificar componente faltante).

Armado de balastro

Abrir agujeros en la caja metálica.

Colocar sobre la base de la caja metálica un trozo de Mayla (espesor: 0.35µ) previamente cortado con dimensiones: 7.1cm x 22.5cm.

Colocar de un trozo de Cartulina corrugada sobre Mayla con dimensiones: 7.1cm x 22.5cm.

Colocar silicone con pack en los transistores (Zona de contacto con la base de aluminio).

Ubicar tres (3) balastros a lo largo de la caja metálica y alinearlos con los agujeros previamente realizados.

Ajustar tres (3) balastros con tuerca y arandela (3/8" x 1/8") a la caja metálica (Ver Fig. 24).

Pelar el cable en los extremos para insertarlo en el cabezal de los sócates y en los balastros.

Insertar doce (12) cables en el cabezal de los sócates.

Separar en dos partes de seis (6) cables cada una e introducir por los dos agujeros ubicados en la caja metálica.

Realizar el cableado (Ver Fig. 26).

Colocar dos (2) tirrajes para compactar los cables.

Colocar seis (6) tornillos para ajustar el cabezal a los sócates.

Colocar cuatro (4) remaches en cada cabezal para sellarlo a los sócates.

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***		**Aprobado por:** ***Gerente de Producción***
Sandra Alay **Vanessa González**	**FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012** **CARACAS**	**Ing. Lorena Cavolina**

55

Tabla 37 Hoja de Instrucción para fabricar balastro para Luminaria 6x54W

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HOJA DE INSTRUCCIÓN

PRN-ITT-051	**Nombre del Responsable de Ejecución:**	**Firma:** _____
Objeto: ***Balastro 6xT5-54W***	**Nombre del Supervisor:**	**Firma:** _____
Fecha de realización:	**Fecha Deseada de la Culminación del Trabajo:**	
Unidad de producción: Balastro Final	**Alcance: Ensamble, Departamento de Producción**	

DESARROLLO

Figuras

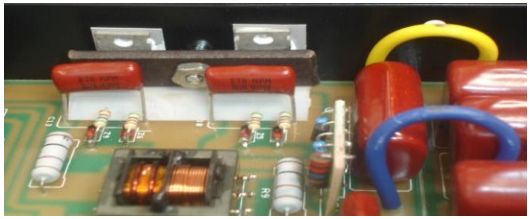


Fig. 24 Ajuste de Balastro con la Caja metálica

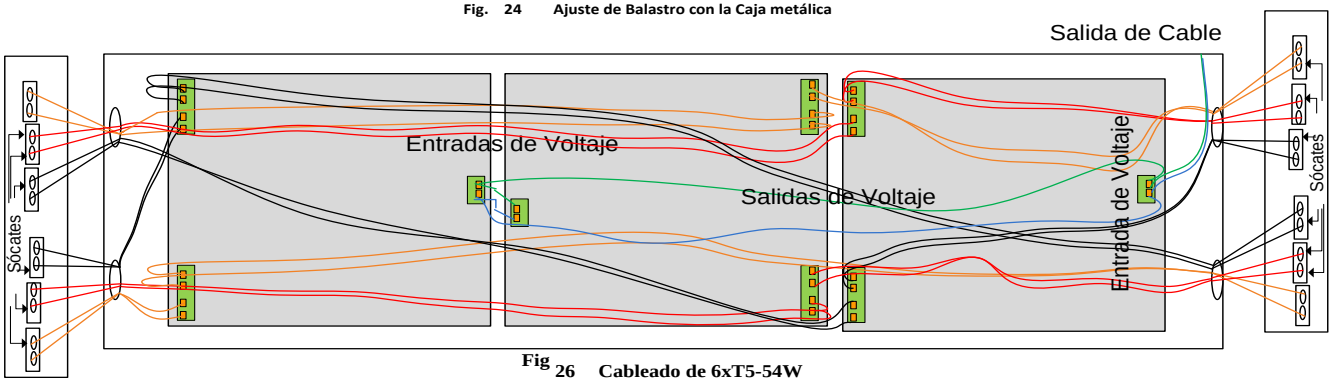


Fig. 26 Cableado de 6xT5-54W

Elaborado por: ***Pasantes de Ingeniería Industrial***			**Aprobado por:** ***Gerente de Producción***
Sandra Alay _____	**Vanessa González** _____	**FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012** **CARACAS**	**Ing. Lorena Cavolina** _____

56

Ilustración 28 Hoja de Instrucción (Figuras) para fabricar balastro para Luminaria 6x54W

ANEXO B.2 Herramientas de Trabajo

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

HERRAMIENTAS DE TRABAJO

PRN-PRO-006

Imagen	Instrumentos de Trabajo	Actividad Involucrada
	Soldador	**Instrumento utilizado para soldar los diferentes elementos electrónicos al balastro.**
	Destornillador con punta de hierro	**Instrumento utilizado para ajustar los tornillos de los balastros y luminarias a las bases metálicas.**
	Pinza	**Instrumento para doblar los terminales de las resistencias y los diodos.**
	Desoldador	**Instrumento para desoldar piezas en el balastro inicial.**
	Destornilladores de estrías y plano	**Instrumento para ajustar los tornillos de los balastros y luminarias a las bases metálicas.**
	Pinza para pelar cables	**Instrumento utilizado en las luminarias para pelar los terminales de los cables y para cortar los mismos según las dimensiones deseadas.**
	Tester	**Instrumento de medición utilizado para realizar las pruebas de calibración en las bobinas.**
	Pinza en V	**Instrumento utilizado para doblar, reposicionar y cortar alambre.**
	Exacto	**Instrumento utilizado para abrir cajas y envoltorios.**
	Pistola de silicone	**Instrumento dispensador de silicone para pegar el material aislante en la zona de transistores.**

Elaborado por: *Pasantes de Ingeniería Industrial* — **Aprobado por:** *Gerente de Producción*

Sandra Alay — Vanessa González — Ing. Lorena Cavolina

FECHA DE ELABORACIÓN: Febrero 2012
CARACAS

62

Ilustración 29 Herramientas de Trabajo

Industria Venezolana de Iluminación, C.A.

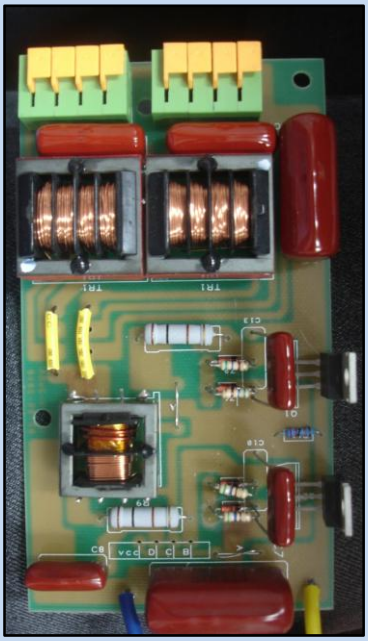
HERRAMIENTAS DE TRABAJO

PRN-PRO-007

Imagen	Instrumentos de Trabajo	Actividad Involucrada
	Remachadora	**Instrumento para sellar las cajas metálicas de los Balastros.**
	Alicate ajustable	**Instrumento para ajustar tuercas del Balastro.**
	Tester	**Instrumento de medición utilizado para las pruebas finales en balastros y luminarias.**

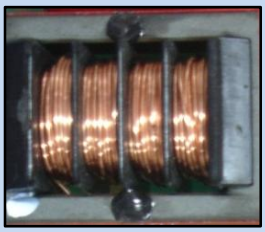
Ilustración 30 Continuación de Herramientas de Trabajo

ANEXO B.3 Subproductos y Productos



Tarjeta Electrónica de Balastro

Balastro



Bobina

Tarjeta de Control

Ilustración 31 Suproductos

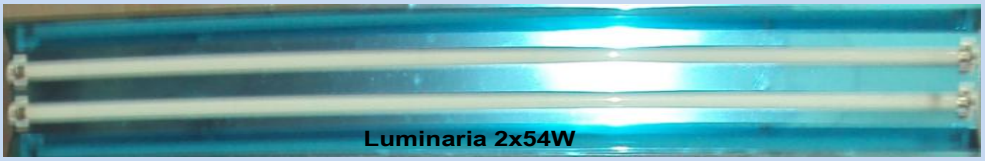


Ilustración 32 Tipos de Luminarias

ANEXOB.4 Costos

Las siguientes tablas se fundamentan en costos investigados por parte de los investigadores debido a que este tipo de información no fue suministrada por la empresa, los cuales, sirven para tener un cálculo aproximado del costo de fabricación de cada subproducto y producto.

Componentes electrónico/ Otro material	Precio unitario (Bs)
(1) Resistencia Metal Film. (1/4W, 1%, 150 Ohms,	**0,35**
(1) Resistencia Metal Film. (1/4W, 1%, 1K Ohms, T/B).	**0,35**
(1) Resistencia Metal Film. (1/2W, 1%, 22M Ohms,	**0,35**
(1) Diodo Rectifier. (1N4007, 1A, 1000V, DO-41, T/B)	**1,5**
Diac DB3 (0.1mA, 28-36V, DO-35, T/B, ST)	**1,5**
Estaño (20 cms) (4Bs/ metro**)**	**0,8**
COSTO TOTAL	**4,85Bs**

Tabla 38 Costos de los componentes electrónicos para el ensamble de tarjetas de control

El costo de mano de obra estimado según el sueldo promedio de un operario común es de 75 Bs/ Hora, él mismo se tomará en cuenta para los cálculos de los costos por retrabajo.

Componente electrónico	Costo unitario (BsF.)
Transistor MOSFETS	20
Diodo RECTIFIER 1000V,1A	0,5
Diodo Zener 15V, 1W	1,5
Ferrita EF25 PARES	8,0
Bobina (1,6 mH)	2,0
Bobina (700 uH)	2,0
Bobina (500 uH)	2,045
Fusible (2 Amper)	1,0
Resistencia 1/4W , METAL FILM	0,35
Diac 32V THOMPSOM	1,5
RESISTOR 1/4W , METAL FILM (1K)	0,35
RESISTOR 1/4W , METAL FILM (150Ohm)	0,35
RESISTOR 1/4W , METAL FILM (220K)	0,35
RESISTOR 1/4W , METAL FILM (4,7M)	0,35
RESISTOR 1/4W , METAL FILM (100Ohm)	0,35
Condensador 1uF/400V POLYPRO.	3,5
Condensador 4,7uF/250V POLYPRO.	3,0
Condensador 0.1uF/400V POLYES. METALIZ.	3,0
Drivers	8,0
Varistor	3,0

Tabla 39 Otros costos de los componentes electrónicos para fabricar las luminarias

ANEXO C. Mediciones de Tiempo para la Producción de Luminarias

Resultados de las mediciones de tiempo de las operaciones para la producción de luminarias

Se procedió a tomar unas Pruebas Piloto para cada actividad relacionada con la fabricación de las luminarias, considerando un porcentaje de error del 3% con una confiabilidad del 97%, ya que se desea obtener valores con una variación muy pequeña y de esta forma obtener intervalos de tiempo muy cercanos a la media del tiempo.

A continuación se presenta la descripción de cada actividad con su respectiva tabla del tiempo promedio que se requiere para la realización de la misma.

Actividades para Producir (Calibrar) Bobinas

1. Quitar cinta adhesiva de las ferritas.
2. Separar ferritas del núcleo de la bobina.
3. Limpiar la superficie de los entrehierros.
4. Colocar separadores en la unión de los entrehierros.
5. Acoplar ferritas al núcleo de la bobina.
6. Asegurar ferritas con cinta adhesiva.
7. Medir el valor de la inductancia de la bobina con un téster.
8. Ajustar la bobina hasta llegar a un valor de inductancia que esté dentro del rango de valores aceptados.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Fabricar (Calibrar)	170	96	170	120,18	16,15	0,97	118,98	121,38
Conversión de Tiempo				2min			1min 59 seg	2min 2 seg

Tabla 40 Tiempo Promedio para Calibrar Bobinas

Ensamblar Tarjeta de Control

1. Insertar una (1) Resistencia (150 Ohms).
2. Insertar una (1) Resistencia (1 K Ohms).
3. Insertar una (1) Resistencia (22M Ohms).
4. Insertar un (1) Diodo Rectifier.
5. Insertar un (1) Diac.
6. Soldar una (1) Resistencia (150 Ohms).
7. Soldar una (1) Resistencia (1K Ohms).
8. Soldar una (1) Resistencia (22 M Ohms).
9. Soldar un (1) Diodo Rectifier.
10. Soldar un (1) Diac.
11. Realizar ajustes para crear soportes de inserción.
12. Cortar terminales.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Ensamblar Tarjeta de Control	30	26	30	78,49	5,50	0,97	77,52	79,47
Conversión de Tiempo				1min 19 seg			1min 18seg	1min 20 seg

Tabla 41 Tiempo Promedio para Ensamblar Tarjetas de Control

Procesos para para la Producción de Luminaria 6x14W

Ensamblar Componentes Electrónicos a Tarjeta Electrónica para Balastro de Luminaria 6x14W

1. Preparar los componentes electrónicos, materiales y herramientas.
2. Insertar componentes electrónicos en la tarjeta electrónica.
3. Soldar los componentes electrónicos insertados.
4. Cortar, doblar, insertar y soldar doce (12) Diodos Rectifier.
5. Extraer seis (6) transformadores o bobinas de la Tarjeta Electrónica.
6. Insertar seis (6) transformadores o bobinas previamente calibradas según lo requerido.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Ensamblar Componentes Electrónicos a Tarjeta Electrónica para Balastro de Luminaria 6x14W	65	40	65	1207,80	104,60	0,97	1195,21	1220,38
Conversión de Tiempo				20 min 8 seg			19 min 53 seg	20 min 20 seg

Tabla 42 Tiempo Promedio para Ensamblar componentes electrónicos a Tarjeta Electrónica para Balastro de Luminaria 6x14W

Ensamblar Tarjeta Electrónica a Cajetín para Luminaria 6x14W

1. Colocar silicone para pegar los packs en la parte posterior de los transistores.
2. Colocar un trozo de mayla con las dimensiones requeridas entre los transistores y condensadores.
3. Colocar la tarjeta electrónica (balastro) dentro del cajetín.
4. Fijar la tarjeta electrónica con una platina, tornillo y arandela al cajetín.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Ensamblar Tarjeta Electrónica a cajetín para Luminaria 6x14W	40	37	40	74,25	6,18	0,97	73,30	75,20
Conversión de Tiempo				1min 15 seg			1min 14 seg	1 min 16 seg

Tabla 43 Tiempo Promedio para Ensamblar Tarjeta Electrónica a Cajetín para Luminaria 6x14W

Realizar Cableado de Luminaria 6x14W

1. Colocar base metálica con tarjeta electrónica sobre la base de luminaria 6x14W.
2. Ajustar con tuercas la base metálica a la base de luminaria.
3. Insertar una de las puntas de los doce (12) cables a los componentes de entrada de la tarjeta electrónica del balastro y la otra punta a la conexión del sócate correspondiente.
4. Colocar dos (2) tirrajes a cada ramal de los cables.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Realizar Cableado de Luminaria 6x14W	40	12	40	324,80	15,17	0,97	322,47	327,13
Conversión de Tiempo				5min 25 seg			5min 23 seg	5min 27 seg

Tabla 44 Tiempo Promedio para Realizar Cableado de Luminaria 6x14W

Ensamblar y Embalar Luminaria 6x14W

1. Insertar y ajustar con tornillo mariposa la base de la luminaria a la carcasa.
2. Quitar el plástico protector de la base de la luminaria.
3. Insertar seis (6) bombillos en los sócates de la luminaria.

4. Cerrar la carcasa con los precintos de la misma.
5. Etiquetar la luminaria.
6. Embalar la carcasa y sellar con cinta adhesiva.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Ensamblar y Embalar Luminaria 6x14W	40	29	40	452,07	33,51	0,97	446,93	457,21
Conversión de Tiempo				7 min 32 seg			7 min 27 seg	7min 37 seg

Tabla 45 Tiempo Promedio para Ensamblar y Embalar Luminaria 6x14W

Realizar Prueba de Control a Luminaria 6x14W

1. Colocar seis (6) bombillos en los sócates de la luminaria.
2. Conectar la luminaria a una fuente de poder.
3. Realizar prueba de interrupción: encender de forma intermitente la luminaria (10 a 15 repeticiones).
4. Verificar que el valor de potencia de la luminaria esté dentro del rango de los valores aceptados.
5. Colocar pega a los seis (6) transformadores o bobinas en las uniones de las ferritas de cada balastro.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Realizar Prueba de Control a Luminaria 6x14W	20	16	20	99,60	7,81	0,97	98,43	100,77
Conversión de Tiempo				1min 40 seg			1min 38 seg	1min 41 seg

Tabla 46 Tiempo Promedio para Realizar Prueba de Control a Luminaria 6x14W

Procesos para la Producción de Luminaria 2x54W

a) Ensamblar Tarjeta Electrónica para Balastro de Luminaria 2x54W

1. Retirar dos (2) transformadores o bobinas.
2. Retirar dos (2) condensadores y cambiar la ubicación de una de las puntas del puente a 208V.
3. Insertar y soldar dos (2) condensadores y un (1) fusible.
4. Insertar y soldar tarjeta de control.
5. Picar, doblar y soldar cuatro (4) Diodos Rectifier en la parte posterior de la tarjeta electrónica.
6. Sobreponer sobre los Diodos Zener cuatro (4) resistencias y soldar las mismas.

b) Ensamblar Tarjeta Electrónica para Balastro de Luminaria 2x54W a base de la luminaria

1. Abrir orificios a la base de la luminaria.
2. Colocar un trozo de mayla sobre la base de la luminaria y abrir orificios que coincidan con los del paso1.
3. Colocar silicone para pegar los packs en la parte posterior de los transistores.
4. Colocar un trozo de mayla con las dimensiones requeridas entre los transistores y condensadores.
5. Fijar una (1) tarjeta electrónica (balastro) con una platina, tornillo y arandela a la base de la luminaria.
6. Insertar dos (2) sócates en el cabezal de la base de la luminaria.

c) Realizar cableado de Luminaria 2x54W

1. Insertar una de las puntas de los cuatro (4) cables a los componentes de entrada de la tarjeta electrónica del balastro y la otra punta a la conexión del sócate correspondiente.
2. Colocar dos (2) tirrajes en cada ramal de los cables.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Procesos a), b) y c) de Luminaria 2x54W	18	16	18	682,09	37,26	0,97	673,57	690,61
Conversión de Tiempo				11 min 22 seg			11min 14 seg	11min 31seg

Tabla 47 Tiempo Promedio en los Procesos para la Producción de Luminaria 2x54W

Procesos para la producción de Luminaria 4x54W

a) Revisar visualmente que estén todos los componentes electrónicos en la tarjeta electrónica de los balastros para Luminaria 4x54W

b) Ensamblar Tarjetas Electrónicas para Balastro de Luminaria 4x54W a base de la luminaria

1. Colocar un trozo de mayla sobre la base metálica.
2. Colocar un trozo de cartulina corrugada sobre el elemento del paso1.
3. Colocar silicone para pegar los packs en la parte posterior de los transistores.
4. Colocar dos (2) Tarjetas Electrónicas (balastros) sobre elementos del paso 1 y 2 y alinearlas con los orificios de ajuste.
5. Fijar dos (2) Tarjetas Electrónicas (balastros) con una platina, tornillo y arandela a la base de la luminaria.

c) Realizar cableado de luminaria 4x54W

1. Insertar una de las puntas de los ocho (8) cables a los componentes de entrada de la tarjeta electrónica del balastro y la otra punta a la conexión del sócate correspondiente.
2. Colocar dos (2) tirrajes en cada ramal de los cables.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza(seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Procesos a), b) y c) de Luminaria 4x54W	8	8	8	834,30	31,02	0,97	823,67	844,94
Conversión de Tiempo				13 min 54 seg			13 min 44 seg	14 min 5 seg

Tabla 48 Tiempo Promedio en los Procesos para la producción de Luminaria 4x54W

Realizar Prueba de Control a Luminaria 4x54W

1. Colocar cuatro (4) bombillos en los sócates de la luminaria.
2. Conectar la luminaria a una fuente de poder.
3. Realizar prueba de interrupción: encender de forma intermitente la luminaria (10 a 15 repeticiones).
4. Verificar que el valor de potencia de la luminaria esté dentro del rango de los valores aceptados.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Realizar Prueba de Control a Luminaria 4x54W	10	10	10	30,35	1,32	0,97	29,94	30,75

Tabla 49 Tiempo Promedio para Realizar Prueba de Control a Luminaria 4x54W

Procesos para la producción de Luminaria 6x54W

a) Revisar visualmente que estén todos los componentes electrónicos en la tarjeta electrónica de los balastros para Luminaria 6x54W

b) Ensamblar Tarjetas Electrónicas para Balastro de Luminaria 6x54W a base de la luminaria

1. Colocar un trozo de mayla sobre la base metálica.

2. Colocar un trozo de cartulina corrugada sobre el elemento del paso1.
3. Colocar silicone para pegar los packs en la parte posterior de los transistores.
4. Colocar tres (3) tarjetas electrónicas (balastros) sobre elementos del paso 1 y 2 y alinearlas con los orificios de ajuste.
5. Fijar tres (3) tarjetas electrónicas (balastros) con una platina, tornillo y arandela a la base de la luminaria.

c) Realizar cableado de luminaria 6x54W

1. Insertar una de las puntas de los doce (12) cables a los componentes de entrada de la tarjeta electrónica del balastro y la otra punta a la conexión del sócate correspondiente.
2. Colocar dos (2) tirrajes en cada ramal de los cables.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Procesos a), b) y c) de Luminaria 6x54W	15	13	15	1459,73	71,36	0,97	1419,74	1499,71
Conversión de Tiempo				24 min 20 seg			23 min 40 seg	24min 59 seg

Tabla 50 Tiempo Promedio en los Procesos para la producción de Luminaria 6x54W

Realizar Prueba de Control a Luminaria 6x54W

1. Colocar seis (6) bombillos en los sócates de la luminaria.
2. Conectar la luminaria a una fuente de poder.
3. Realizar prueba de interrupción: encender de forma intermitente la luminaria (10 a 15 repeticiones).
4. Verificar que el valor de potencia de la luminaria esté dentro del rango de los valores aceptados.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Realizar Prueba de Control a Luminaria 6x54W	28	27	28	49,82	3,57	0,97	49,17	50,48

Tabla 51 Tiempo Promedio para Realizar Prueba de Control a Luminaria 6x54W

Realizar Garantía de Balastros

1. Abrir el cajetín del balastro (Retirar remaches).
2. Chequeo visual de balastro.
3. Desoldar componentes dañados.
4. Insertar componentes electrónicos de repuesto.
5. Soldar componentes de repuesto y cortar terminales.
6. Realizar Prueba de Control.
7. Verificar que el balastro esté dentro de los parámetros de la potencia requerida.
8. Sellar cajetín de balastro con remaches.

Proceso	N Piloto	N Ajustado	N Definitivo	Media (seg)	Desviación Estándar (seg)	Coeficiente de Confianza	Intervalo de Confianza (seg)	
							Límite Inferior	Límite Superior
Realizar Garantía de Balastro	10	8	10	1437,68	53,16	0,97	1421,37	1453,99
Conversión de Tiempo				23 min 58 seg			23 min 41 seg	24 min 14 seg

Tabla 52 Tiempo Promedio para Realizar Garantía de Balastros

ANEXOS D. Causas y Diagramas Causa-Efecto de las fallas registradas en Subproductos/Productos

ANEXO D.1 Causas de las fallas registradas en el ensamblaje de tarjetas de control

Mediante la observación directa, entrevistas no estructuradas y el análisis del proceso en sí, del ensamblaje de tarjetas de control, los investigadores han percibido que se generan reprocesos por diferentes razones. En primer lugar, se observaron desperdicios relacionados con el tiempo invertido en atender las fallas registradas en los chequeos visuales.

En segundo lugar, se registraron piezas desechadas provenientes de las fallas presentes en las tarjetas de control. Del total de balastros fabricados en siete (7) semanas de estudio, un 2,16% presentaron problemas en sus tarjetas de control (Ver en la sección de Anexos E. Registro de Fallas Subproductos/Productos).Las piezas desechadas de la tarjetas de control, corresponden a tres (3) resistencias, un (1) diac y un (1) diodo.

El método de trabajo generalmente es otro problema de las fallas encontradas en las tarjetas de control. La inserción de resistencias, así como la ubicación de las mismas dentro de las tarjetas de control, son las principales fallas encontradas en las mismas, ya que la similitud de las bandas de colores de las resistencias genera errores continuos por la técnica de ensamblaje utilizada. La técnica de soldar los diferentes componentes electrónicos, es otro problema presente en ellas, ya que se hace presente la soldadura fría que consiste en la rápida aparición de burbujas en el material soldado, disminuyendo la capacidad de conducir corriente eléctrica a través del componente soldado, así como piezas con soportes incorrectamente ensamblados. La realización de los soportes de inserción presenta fallas que ocasionan el cortocircuito en las tarjetas de control sino se realizan con atención.

Las herramientas de trabajo ocasionalmente presentan fallas de diferentes naturalezas. La principal herramienta de trabajo, es el soldador, y su principal falla se presenta en la punta del soldador, ya que se rompe o se afloja y por ende el ensamble de componentes electrónicos no es totalmente correcto, ocasionando posteriores problemas en balastros. A continuación se

presenta un Diagrama Causa-Efecto que reúne los problemas encontrados en el ensamblaje de tarjetas de control.

Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Tarjetas de Control

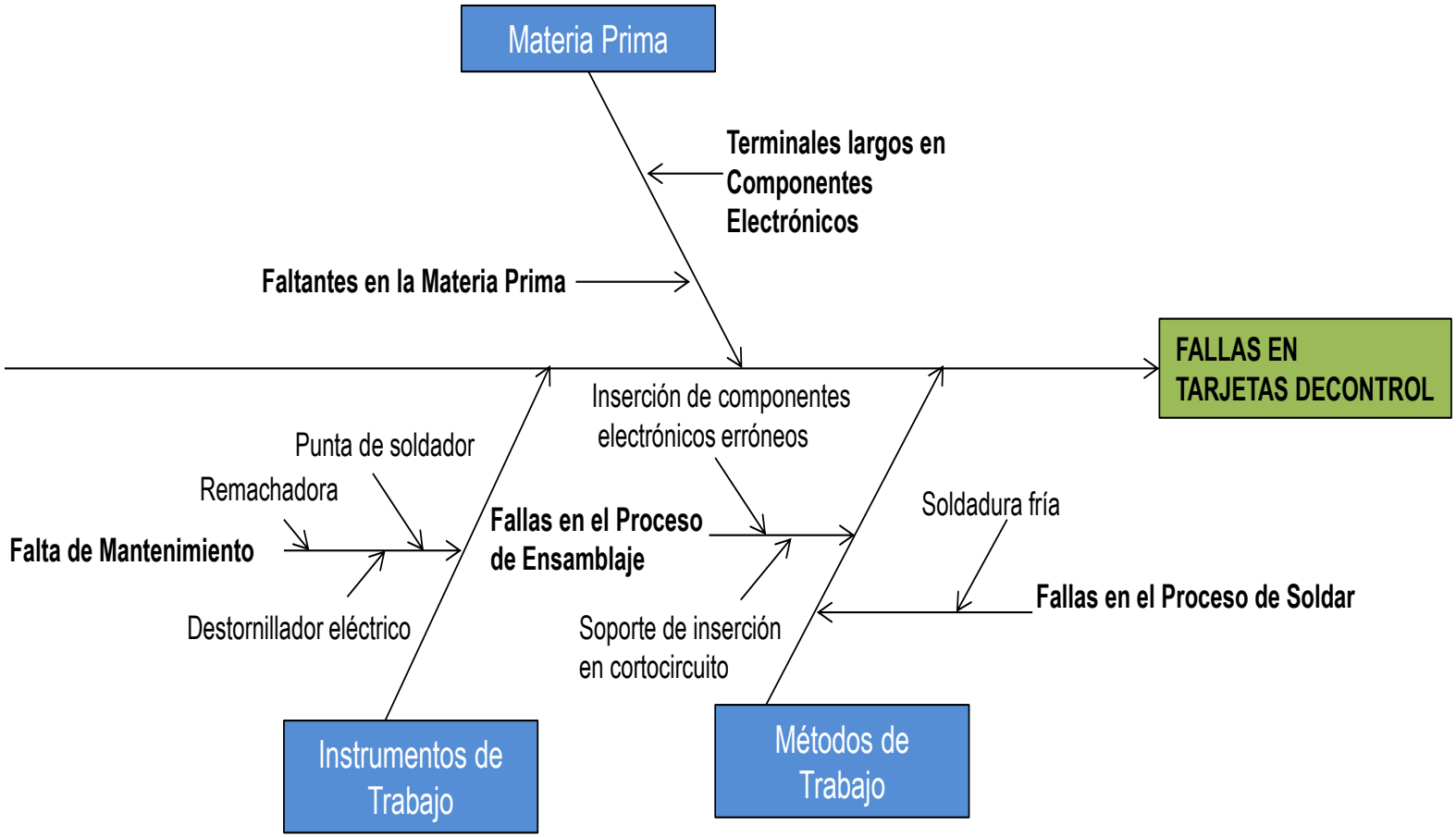


Ilustración 33 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Tarjetas de Control

ANEXO D.2 Causas de las fallas registradas en las bobinas

Mediante la observación directa, entrevistas no estructuradas y el análisis del proceso en sí, del proceso de embobinado, los investigadores han percibido que se generan reprocesos por diferentes razones. En primer lugar, se observaron desperdicios relacionados con el tiempo invertido en atender los problemas de calibración. Este tiempo representa un 13,81% (Ver Tabla 16. Totalización de fallas, desechos y tiempo invertido en retrabajo) del tiempo total laborable en las siete (7) semanas de estudio, lo cual reduce la eficiencia de los procesos.

En segundo lugar, se registraron piezas desechadas en el proceso de abrir la bobina para su posterior calibración. Las piezas desechadas son ferritas, ya que la fuerza que se emplea para abrir dichas bobinas varía y por ende se desechan al romperse las piezas. Se reportó que el porcentaje de ruptura de las ferritas fue del 15,68%. Una bobina posee dos (2) ferritas, y un balastro ensamblado contiene dos (2) bobinas.

El método de trabajo generalmente es otro problema de las fallas encontradas en bobinas. La no estandarización de este proceso, hace que la variación del parámetro involucrado (inductancia) en la actividad sea alta. El proceso de calibración es uno de los mayores problemas en el embobinado, ya que una vez lista la bobina para ser valorada por el téster, ocurre que la calibración no fue la correcta, lo cual, origina el retrabajo. El retrabajo implica quitar el adhesivo que rodea las ferritas de la bobina y luego se debe modificar la distancia entre las ferritas a través de pequeños trozos de cartón o mayla.

Las herramientas de trabajo ocasionalmente presentan fallas de diferentes naturalezas. El embobinado es un trabajo que se realiza de forma manual.

El instrumento de medición involucrado es el téster, éste debe tener un mantenimiento de calibración periódico, pero este procedimiento no se lleva a cabo.

A continuación se presenta un Diagrama Causa-Efecto que reúne los problemas encontrados en el proceso de embobinado.

Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Bobinas

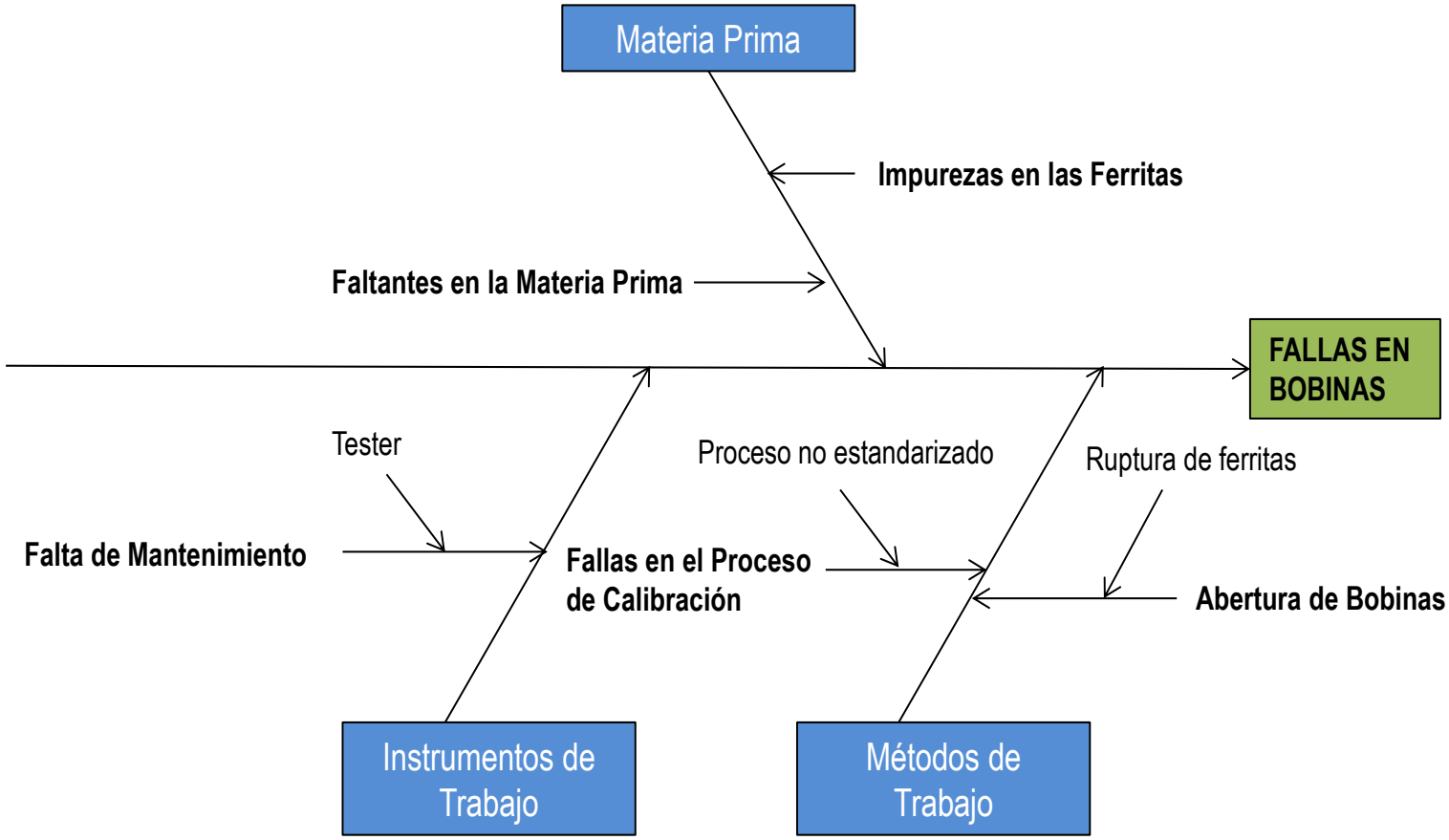


Ilustración 34 Diagrama Causa-Efecto de Fallas en Bobinas

ANEXO D.3 Causas de las fallas registradas en la Producción de Luminarias 2xPL/2xT5

Mediante la observación directa, entrevistas no estructuradas y el análisis del proceso en sí, del proceso de producción de luminarias 2xPL/2xT5, los investigadores han percibido que se generan reprocesos por diferentes razones. En primer lugar, se observaron desperdicios en el tiempo invertido en atender las fallas registradas en las Pruebas de Control. Este tiempo representa un 6,57% (Ver Tabla 16. Totalización de fallas, desechos y tiempo invertido en retrabajo) del tiempo total laborable en las siete (7) semanas de estudio, lo cual, reduce la eficiencia de los procesos. Por otra parte, en el Servicio Post-Venta, se registraron fallas de luminarias originadas en los balastros. El tiempo de reparación de estos balastros representa un 4,57% del tiempo total laborable en procesar el Servicio Post-Venta estudiado en siete (7) semanas.

En segundo lugar, se registraron piezas desechadas provenientes de los procesos de retrabajo en los veintisiete (27) balastros quemados, que representan un 3,44% del total de balastros fabricados en siete (7) semanas de estudio. Las razones, por las cuales, ocurre el retrabajo son variadas.

Los subproductos que posee una luminaria son balastros. Las piezas que presentan mayores fallas en balastros son bobinas, drivers y tarjeta de control. Estas piezas generalmente presentan fallas por ausencias de chequeo visual, previo al ensamble de los mismos en las luminarias.

El método de trabajo generalmente es otro problema en las fallas encontradas en luminarias 2xPL/2xT5. El realizar el cableado de estas luminarias implica un alto grado de memoria visual. Para las luminarias 2xPL/2xT5, se necesita un (1) balastros y dos (2) bombillos fluorescentes, en este caso el cableado es más sencillo, pero el nivel de atención debe ser el mismo que el utilizado en el cableado de luminarias más complicadas. Al realizar el cableado de una luminaria de forma incorrecta implica fallas de encendido en las Pruebas de Control y por ende retrabajo para conseguir el origen del problema.

Las herramientas de trabajo ocasionalmente presentan fallas de diferentes naturalezas. La principal herramienta de trabajo para los subproductos, es el soldador, y la principal falla que presenta es en la punta del soldador, ya que se rompe o se afloja y por ende el ensamble de los componentes electrónicos no es totalmente correcto, ocasionando posteriores problemas en balastros y luminarias.

En cuanto a la materia prima, el material aislante colocado entre los soportes metálicos de las luminarias y los balastros es causante de fallas en estos elementos. El material aislante consiste de una pieza de cartulina corrugada y una mayla, los cuales, se colocan entre el balastro y su correspondiente soporte, en la zona de transistores y debajo del balastro cuando ya está ubicado en el soporte de la luminaria. Es de gran importancia que el material aislante sobrepase las dimensiones del balastro, para que funcione bien, pero en ocasiones esto no ocurre, porque se recortan los materiales en base a patrones erróneos, generando como consecuencia que los balastros se quemen en la Prueba de Control y de esta forma ocurre la pérdida de componentes tales como fusibles, diodos, transistores, y las resistencias de las tarjetas de control. Por consiguiente, el balastro debe ser reprocesado mediante la sustitución de los componentes que se dañaron.

A continuación se presenta un Diagrama Causa-Efecto que reúne los problemas encontrados en Luminarias 2xPL/2xT5.

Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminarias 2xPL/2xT5

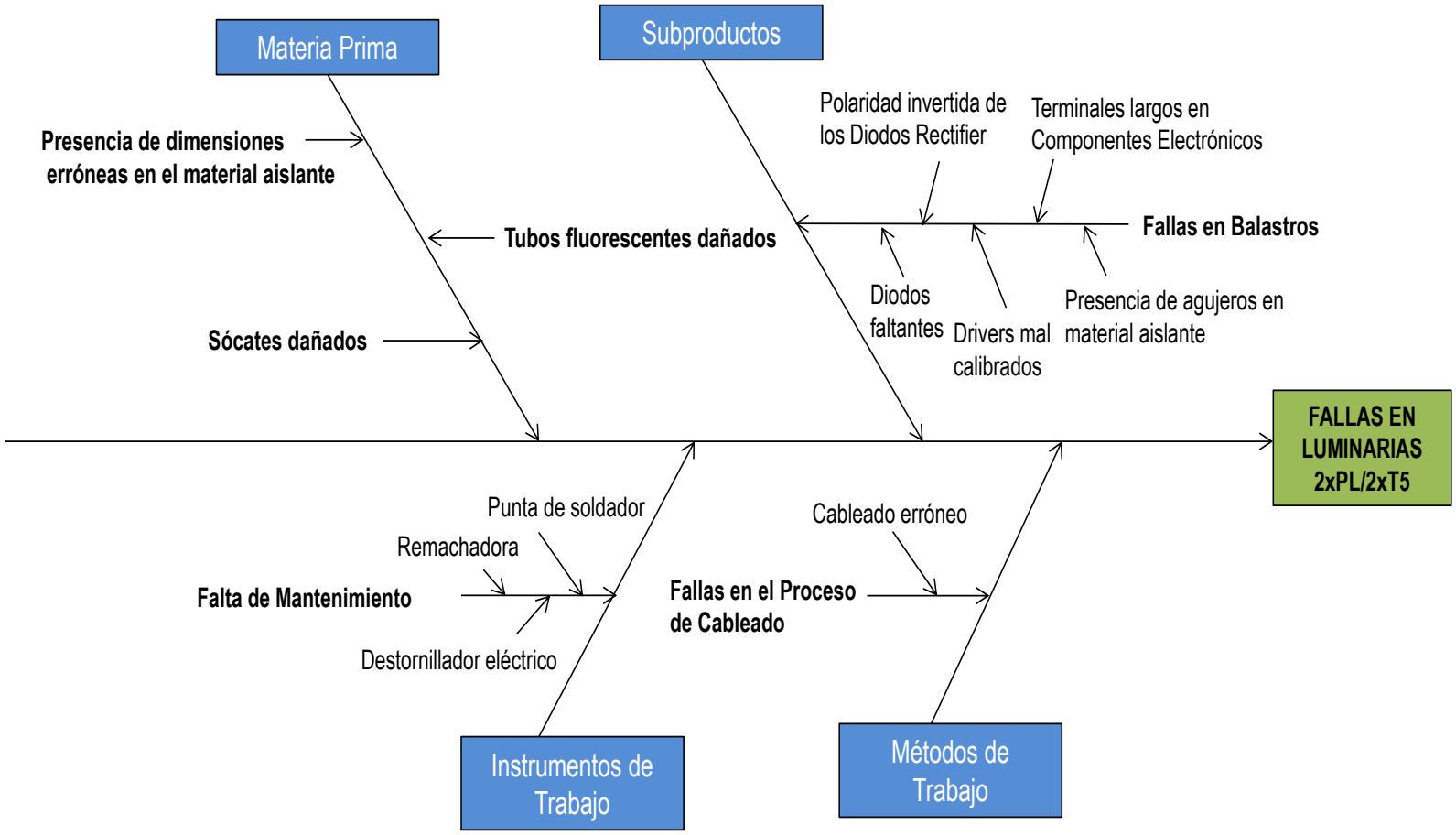


Ilustración 35 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminarias 2xPL/2xT5

ANEXO D.4 Causas de las fallas registradas en la Producción de Luminarias 4x54W

Mediante la observación directa, entrevistas no estructuradas y el análisis del proceso en sí, del proceso de producción de luminarias 4x54W, los investigadores han percibido que se generan reprocesos por diferentes razones. En primer lugar, se observaron desperdicios en el tiempo de atender las fallas registradas en las Pruebas de Control. Este tiempo representa un 9,04% (Ver Tabla 16. Totalización de fallas, desechos y tiempo invertido en retrabajo) del tiempo total laborable en este tipo de luminaria en las siete (7) semanas de estudio, lo cual, reduce la eficiencia de los procesos. Por otra parte, en el Servicio Post-Venta, se registraron fallas de luminarias originadas en los balastros. El tiempo de reparación de estos balastros representa un 4,87% del tiempo total laborable en procesar el Servicio Post-Venta estudiado en siete (7) semanas.

En segundo lugar, se registraron piezas desechadas provenientes de los procesos de retrabajo en los cincuenta y seis (56) balastros quemados (Ver Tabla 16. Totalización de fallas, desechos y tiempo invertido en retrabajo), que representan un 7,17% del total de balastros fabricados en siete (7) semanas de estudio. Las razones, por las cuales, ocurre el retrabajo son variadas. Los subproductos que posee una luminaria son balastros. Las piezas que presentan mayores fallas en balastros son bobinas, drivers y tarjeta de control. Estas piezas generalmente presentan fallas por ausencias de chequeo visual, previo al ensamble de los mismos en las luminarias.

El método de trabajo generalmente es otro problema en las fallas encontradas en luminarias 4x54W. El realizar el cableado de estas luminarias implica un alto grado de memoria visual. Para la luminaria 4x54W, se necesitan dos (2) balastros y cuatro (4) bombillos fluorescentes, es por esto, que al realizar el cableado se presenta dificultad en su ejecución. Al realizar el cableado de una luminaria de forma incorrecta implica fallas de encendido en las Pruebas de Control y por ende retrabajo para conseguir el origen del problema.

Las herramientas de trabajo ocasionalmente presentan fallas de diferentes naturalezas. La principal herramienta de trabajo para los subproductos, es el soldador, y la principal falla que

presenta es en la punta del soldador, ya que se rompe o se afloja y por lo cual el ensamble de los componentes electrónicos no es totalmente correcto, ocasionando posteriores problemas en balastros y luminarias.

En cuanto a la materia prima, el material aislante colocado entre los soportes metálicos de las luminarias y los balastros es causante de fallas en estos elementos. El material aislante consiste de una pieza de cartulina corrugada y una mayla, los cuales, se colocan entre el balastro y su correspondiente soporte, en la zona de transistores y debajo del balastro cuando ya está ubicado en el soporte de la luminaria. Es de gran importancia que el material aislante sobrepase las dimensiones del balastro, para que funcione bien, pero en ocasiones esto no ocurre, porque se recortan los materiales en base a patrones erróneos, generando como consecuencia que los balastros se quemen en la Prueba de Control y de esta forma ocurre la pérdida de componentes tales como fusibles, diodos, transistores, y las resistencias de las tarjetas de control. Por consiguiente, el balastro debe ser reprocesado mediante la sustitución de los componentes que se dañaron.

A continuación se presenta un Diagrama Causa-Efecto que reúne los problemas encontrados en Luminarias 4x54W.

Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminarias 4x54W

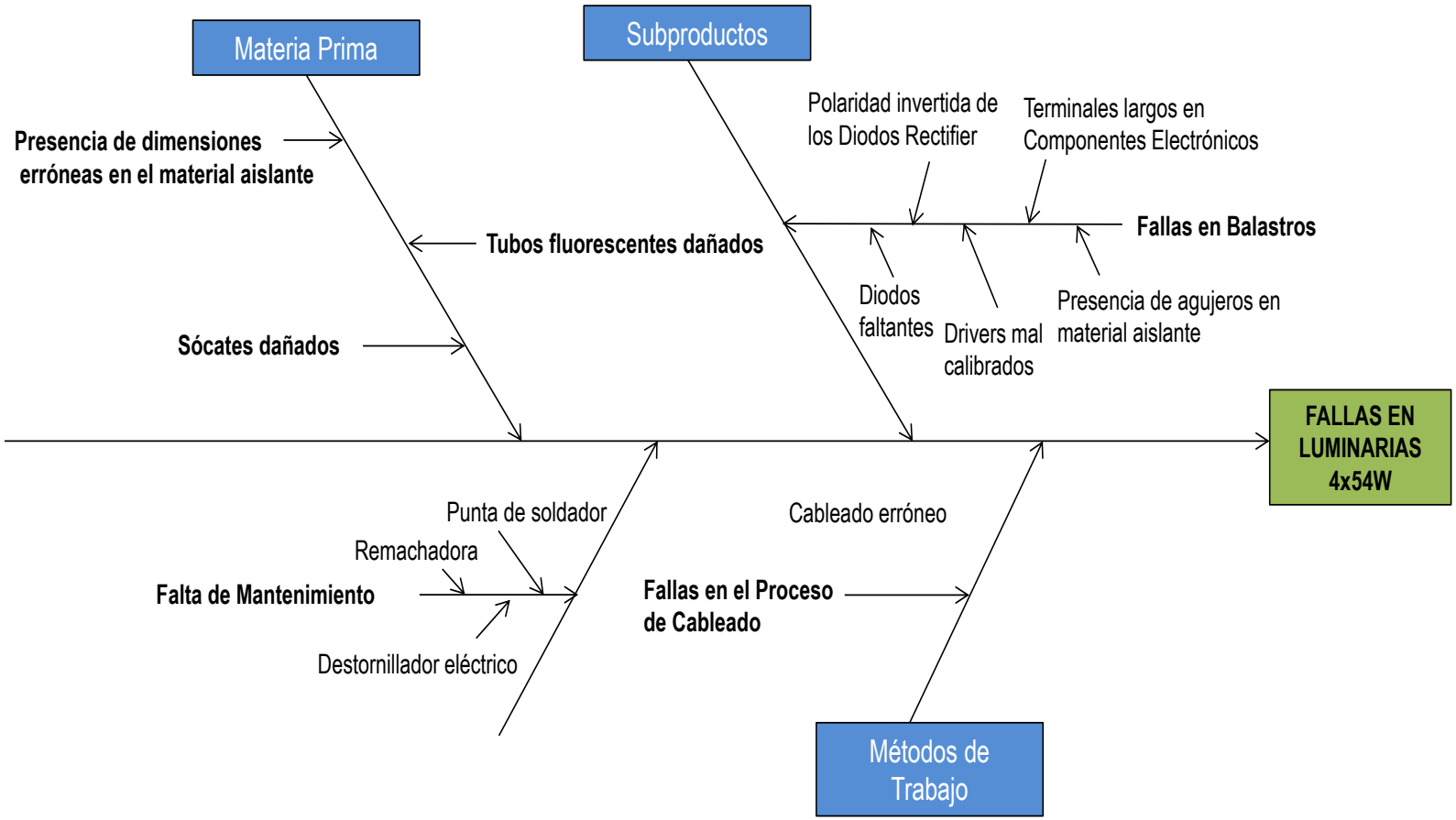


Ilustración 36 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminarias 4x54W

ANEXO D.5 Causas de las fallas registradas en la Producción de Luminarias 6x54W

Mediante la observación directa, entrevistas no estructuradas y el análisis del proceso en sí, del proceso de producción de luminarias 6x54W, los investigadores han percibido que se generan reprocesos por diferentes razones. En primer lugar, se observaron desperdicios en el tiempo de atender las fallas registradas en las Pruebas de Control. Este tiempo representa un 1,09% (Ver Tabla 16. Totalización de fallas, desechos y tiempo invertido en retrabajo) del tiempo total laborable en las siete (7) semanas de estudio en la fabricación de la luminaria, lo cual, reduce la eficiencia de los procesos.

En segundo lugar, se registraron piezas desechadas provenientes de los procesos de retrabajo en los cuatro (4) balastros quemados, que representan un 0,51% del total de balastros fabricados en siete (7) semanas de estudio. Las piezas desechadas, generalmente son fusibles, transistores, diodos y tarjetas de control, provenientes de los tres (3) balastros que posee la luminaria. Las razones, por las cuales, ocurre el retrabajo son variadas. Estas piezas generalmente presentan fallas por ausencias de chequeo visual, previo al ensamble de los mismos en las luminarias.

El método de trabajo generalmente es otro problema en las fallas encontradas en luminarias 6x54W. El realizar el cableado de estas luminarias implica un alto grado de memoria visual. Para la luminaria 6x54W, se necesitan tres (3) balastros y seis (6) bombillos fluorescentes, es por esto, que al realizar el cableado se presenta dificultad en su ejecución. Al realizar el cableado de una luminaria de forma incorrecta implica fallas de encendido en las Pruebas de Control y por ende retrabajo para conseguir el origen del problema.

Las herramientas de trabajo ocasionalmente presentan fallas de diferentes naturalezas. La principal herramienta de trabajo para los subproductos, es el soldador, y la principal falla que presenta es en la punta del soldador, ya que se rompe o se afloja y por ende el ensamble de los componentes electrónicos no es totalmente correcto, ocasionando posteriores problemas en balastros y luminarias.

En cuanto a la materia prima, el material aislante colocado entre los soportes metálicos de las luminarias y los balastros es causante de fallas en estos elementos. El material aislante consiste de una pieza de cartulina corrugada y una mayla, los cuales, se colocan entre el balastro y su correspondiente soporte, en la zona de transistores y debajo del balastro cuando ya está ubicado en el soporte de la luminaria. Es de gran importancia que el material aislante sobrepase las dimensiones del balastro, para que funcione bien, pero en ocasiones esto no ocurre, porque se recortan los materiales en base a patrones erróneos, generando como consecuencia que los balastros se quemen en la Prueba de Control y de esta forma ocurre la pérdida de componentes tales como fusibles, diodos, transistores, y las resistencias de las tarjetas de control. Por consiguiente el balastro debe ser reprocesado mediante la sustitución de los componentes que se dañaron.

A continuación se presenta un Diagrama Causa-Efecto que reúne los problemas encontrados en Luminarias 6x54W.

Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminarias 6x54W

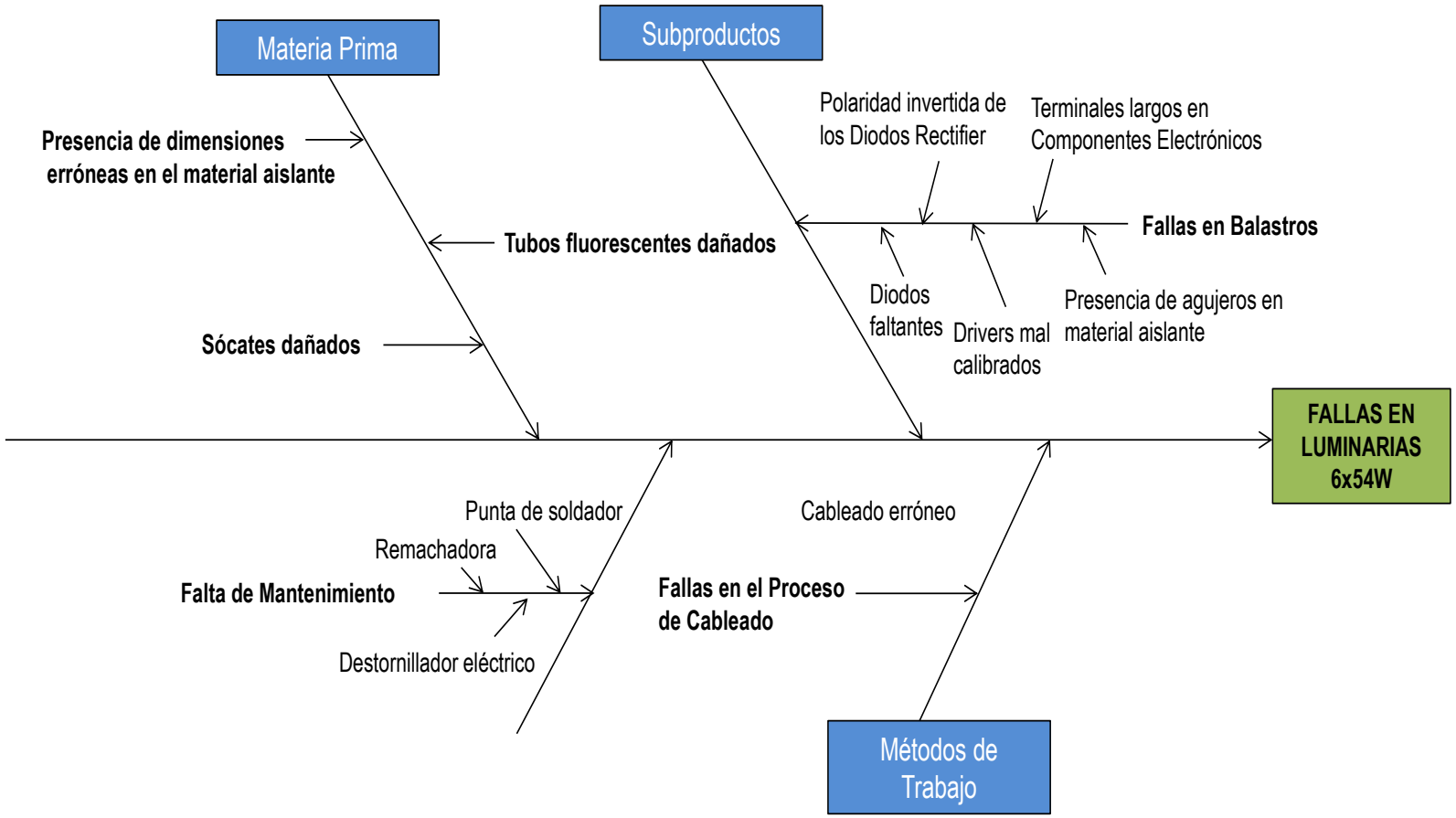


Ilustración 37 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminaria 6x54W

ANEXO D.6 Causas de las fallas registradas en la Producción de Luminarias 6x14W

Mediante la observación directa, entrevistas no estructuradas y el análisis del proceso en sí, del proceso de producción de luminarias 6x14W, los investigadores han percibido que se generan reprocesos por diferentes razones. En primer lugar, se observaron desperdicios en el tiempo de atender las fallas registradas en las Pruebas de Control. Este tiempo representa un 17,99% (Ver Tabla 16. Totalización de fallas, desechos y tiempo invertido en retrabajo) del tiempo total laborable en las siete (7) semanas de estudio, lo cual, reduce la eficiencia de los procesos. Por otra parte, en el Servicio Post-Venta, no se registraron fallas de luminarias originadas en los balastros para las siete (7) semanas de estudio.

En segundo lugar, se registraron piezas desechadas provenientes de los procesos de retrabajo en los once (11) balastros quemados, que representan un 1,40% del total de balastros fabricados en siete (7) semanas de estudio. Las razones, por las cuales, ocurre el retrabajo son variadas. Los subproductos que posee una luminaria son balastros. Las piezas que presentan mayores fallas en balastros son bobinas, drivers y tarjeta de control. Estas piezas generalmente presentan fallas por ausencias de chequeo visual, previo al ensamble de los mismos en las luminarias.

El método de trabajo generalmente es otro problema en las fallas encontradas en luminarias 6x14W. El realizar el cableado de estas luminarias implica un alto grado de memoria visual. Para la luminaria 6x14W, se necesitan tres (3) balastros y seis (6) bombillos fluorescentes, es por esto que el cableado presenta dificultad en su ejecución. Al realizar el cableado de una luminaria de forma incorrecta implica fallas de encendido en las Pruebas de Control y por ende retrabajo para conseguir el origen del problema.

Las herramientas de trabajo ocasionalmente presentan fallas de diferentes naturalezas. La principal herramienta de trabajo para los subproductos, es el soldador, y la principal falla que presenta es en la punta del soldador, ya que se rompe o se afloja y por ende el ensamble de los componentes electrónicos no es totalmente correcto, ocasionando posteriores problemas en balastros y luminarias.

En cuanto a la materia prima, el material aislante colocado entre los soportes metálicos de las luminarias y los balastros es causante de fallas en estos elementos. El material aislante consiste de una pieza de cartulina corrugada y una mayla, los cuales, se colocan entre el balastro y su correspondiente soporte, en la zona de transistores y debajo del balastro cuando ya está ubicado en el soporte de la luminaria. Es de gran importancia que el material aislante sobrepase las dimensiones del balastro, para que funcione bien, pero en ocasiones esto no ocurre, porque se recortan los materiales en base a patrones erróneos, generando como consecuencia que los balastros se quemen en la Prueba de Control y de esta forma ocurre la pérdida de componentes tales como fusibles, diodos, transistores, y las resistencias de las tarjetas de control. Por consiguiente, el balastro debe ser reprocesado mediante la sustitución de los componentes que se perdieron.

A continuación se presenta un Diagrama Causa-Efecto que reúne los problemas encontrados en Luminarias 6x14W.

Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminarias 6x14W

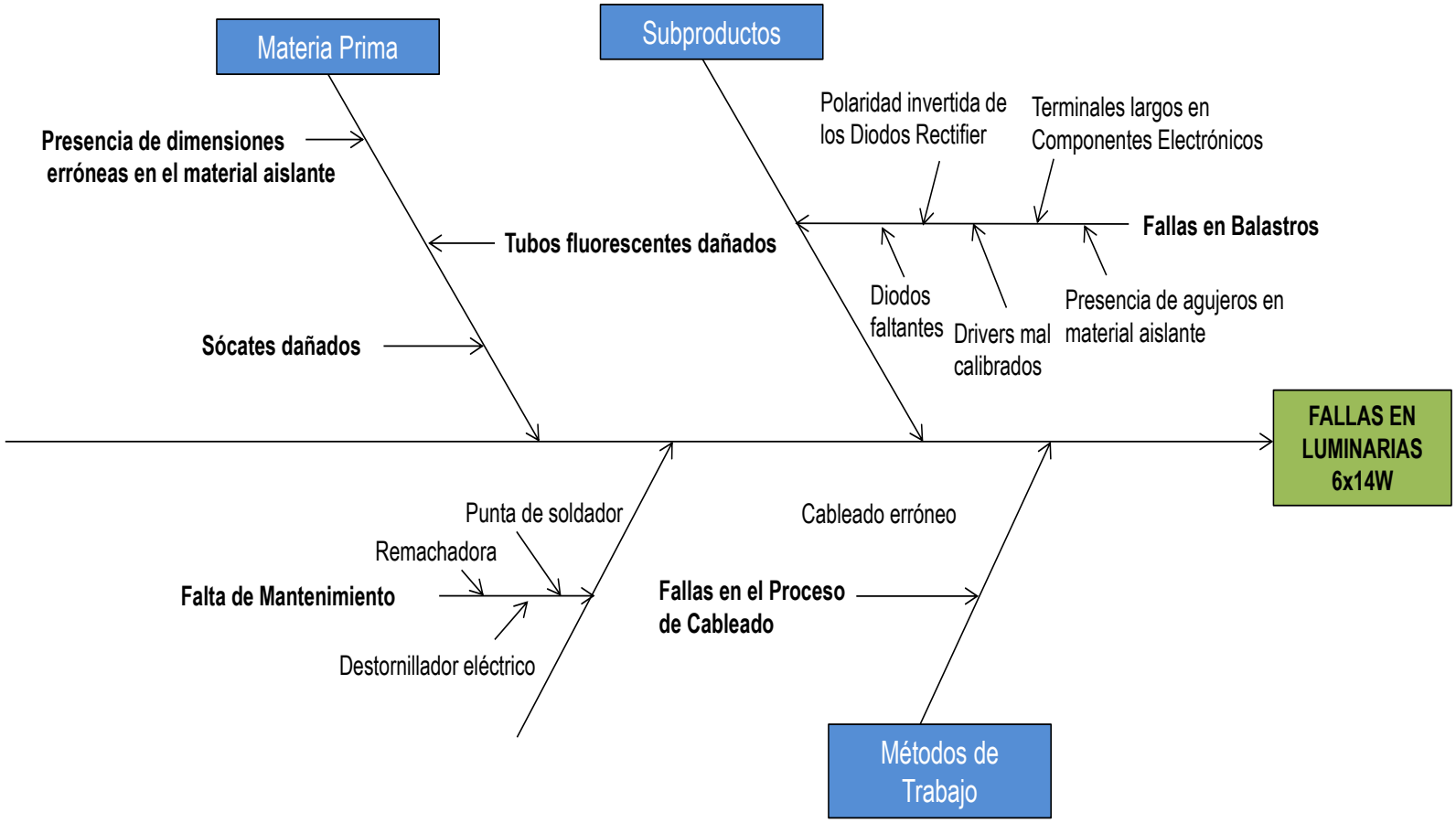


Ilustración 38 Diagrama Causa-Efecto de Fallas encontradas en Luminaria 6x14W

ANEXO E. Registro de fallas de Subproductos/Productos

A continuación se presenta el formato de registro de fallas, piezas desecho, tiempo de retrabajo y porcentaje de defectuosos, aplicado a un período de estudio de siete (7) semanas:

Fecha	Producto/ Subproducto	Tipo de Falla	Piezas/Producto de desecho	Tiempo de retrabajo	Porcentaje de Defectuosos
Semana 1	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	1 tarjeta de control, 1 fusible y 4 diodos.	5 min 51 seg	30%
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	1 tarjeta de control, 1 fusible y 4 diodos.	11 min 47 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	1 tarjeta de control, 1 fusible y 4 diodos.	7 min 45 seg	
	Luminaria 6x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	10 min 17 seg	16,66%
	Luminaria 6x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	9min 58 seg	
	Luminaria 6x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	11 min 53 seg	
Semana 3	Luminaria 6x14W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 12 diodos.	25 min	8,33%
	Luminaria 6x14W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 12 diodos.	26 min 40 seg	
	Luminaria 6x14W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 12 diodos.	25 min	
Semana 4	Luminaria 6x54W	Balastro quemado	2 diodos, 1 tarjeta de control, 1 fusible y 2 transistores.	20 min	10%
	Luminaria 4x54W	Balastro mojado	Cartulina corrugada y Mayla.	30 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro mojado	cartulina corrugada y mayla.	30 min	
	Luminaria 6x14W		1 sócate.	-	
	Bobina		1 cuerpo de bobina.	-	
	Luminaria 6x14W		7 sócates dañados.	-	
	Luminaria 6x14W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 12 diodos.	20 min	26,66%
	Luminaria 6x14W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 12 diodos.	13 min 20 seg	
	Luminaria 6x14W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 12 diodos.	18 min 20 seg	
	Luminaria 6x14W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 12 diodos.	15 min	
	Luminaria 6x14W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 12 diodos.	21 min 40 seg	

Semana 4	Luminaria 6x14W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 12 diodos.	20 min	
	Luminaria 6x14W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 12 diodos.	20 min	
	Luminaria 6x14W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 12 diodos.	13 min 20 seg	
	Balastros		24 bobinas, 120 condensadores y 17 diodos.	-	
Semana 5	Luminaria 2x42W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	26 min 40 seg	6%
	Luminaria 2x42W	Balastro quemado	2transistores, 1 fusible y 4 diodos.	23 min 20 seg	
	Luminaria 2x42W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	35 min	
	Luminaria 2x42W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Drivers. Cantidad total de calibrados: 256	Drivers mal calibrados		2 horas	65,23%
	Drivers Cantidad total calibrados: 70	Defectuosos por una vuelta sin valor		2 horas 38 min 24 seg	51%
	Drivers Cantidad total de calibrados: 24	Drivers mal calibrados		46 min 40 seg	33,33%
	Drivers Cantidad total de calibrados: 100		248 ferritas, 25 drivers.	1 hora 10 min	48%
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	1 fusible, 2 transistores y 4 diodos.	35 min	15%
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	1 fusible, 2 transistores y 4 diodos.	13 min 20 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	1 fusible, 2 transistores y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	1 fusible, 2 transistores y 4 diodos.	21 min 40 seg	

Semana 5	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	1 fusible, 2 transistores y 4 diodos.	15 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	1 fusible, 2 transistores y 4 diodos.	11 min 40 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	1 fusible, 2 transistores y 4 diodos.	16 min 40 seg	
	Balastros	Desperdicios que se generan al ensamblar	1 transistor, 2 fusibles, 198 condensadores y 50 bobinas.	-	
Semana 6	Balastro 400W			13 min 20 seg	37,5%
	Balastro 400W			11 min 40 seg	
	Balastro 400W			10 min 50 seg	
	Balastros	Desperdicios que se generan al ensamblar balastros	4 transistores, 1 tarjeta de control, 4 diodos, 1 fusible, 32 drivers, 17 bobinas y 32 condensadores.	-	
	Bobinas	Desperdicios que se generan de la creación de nuevas bobinas	2289 bobinas y 492 ferritas.	-	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	15 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	13 min 20 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	15 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	16 min 40 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	21 min 40 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	15 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	13 min 20 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	21 min 40 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 Tarjeta de Control.	15 min	

Semana 6	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 tarjeta de control.	15 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 tarjeta de control.	20 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 tarjeta de control.	18 min 20 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 tarjeta de control.	15 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 tarjeta de control.	15 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 tarjeta de control.	13 min 20 seg	
Semana 7	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 tarjeta de control.	1 hora	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 tarjeta de control.	35 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 tarjeta de control.	35 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 tarjeta de control.	41 min 40 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 Tarjeta de Control.	51 min 40 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible, 4 diodos y 1 tarjeta de control.	35 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min 30 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	45 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	28 min 20 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	18 min 20 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	25 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	24 min 10 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	15 min	

Semana 7	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	21 min 40 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	25 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	13 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	15 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	24 min 10 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	23 min 20 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	21 min 40 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	15 min 50 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	21 min 40 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	23 min 20 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	14 min 10 seg	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 4x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	24 min 10 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	13 min 20 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	11 min 40 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	16 min 40 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	21 min 40 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	15 min	18%
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	16 min 40 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	

Semana 7	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1fusible y 4 diodos.	22 min 30 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	18 min 20 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	16 min 20 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	23 min 20 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	38 min 20 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	21 min 40 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	13 min 20 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	11 min 40 seg	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	20 min	
	Luminaria 2x54W	Balastro quemado	2 transistores, 1 fusible y 4 diodos.	18 min 20 seg	

Tabla 53 Registro de Fallas