

Estudio de Implantación de un Sistema de Gestión Energética ISO 50001 en una fábrica T

Study of the Implantation of Energy Management
System ISO 50001 in the T Factory

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de los Recursos
Energéticos

Autor: Enrique Ruiz Canet
Director: Inmaculada Fernández Diego
Fecha: Septiembre 2017



INDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETO Y ALCANCE	9
3. ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICOS	10
3.1 ANÁLISIS TEÓRICO.....	10
3.1.1 <i>Sistemas de Gestión de la Calidad</i>	10
3.1.2. <i>Sistemas de Gestión Ambiental</i>	14
3.1.2.1. Introducción.....	14
3.1.2.2. Factores de éxito	15
3.1.2.3. Modelo PHVA	15
3.1.3. <i>Sistemas de Gestión Energética (SGE)</i>	16
3.1.3.1. Introducción.....	16
3.1.3.2. Requisitos y estructura de la norma.....	21
3.2. ANÁLISIS CIENTÍFICO	28
3.2.1. <i>Evolución energética</i>	28
3.2.2. <i>Artículos científicos</i>	32
4.CASO DE ESTUDIO	36
4.1.ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	36
4.1.1 <i>Introducción</i>	36
4.1.2 <i>Origen y obtención del tabaco</i>	44
4.1.2.1 Fases del cultivo y procesado del tabaco.....	46
4.1.2.2 Reconstrucción de las hojas de tabaco	53
4.1.3 <i>Elaboración del cigarro</i>	58
4.1.3.1 Elaboración manual	58
4.1.3.2 Elaboración automatizada	63
4.1.4 <i>Acondicionamiento y control en la elaboración automatizada de cigarrillos</i>	78
4.2 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	82
4.2.1 <i>Introducción</i>	82
4.2.2 <i>Instalaciones</i>	83
4.2.3. <i>Red de gas y de electricidad</i>	88
4.2.3.1.Red de gas.....	88
Uso del gas en climatización	88
Uso de gas para generación de vapor en proceso productivo	90
4.2.3.2. Red de Electricidad.....	91
4.2.5. <i>Proceso de tirulos</i>	93
4.2.6. <i>Proceso de liado</i>	95
4.2.7. <i>Proceso de corte</i>	97
4.2.8. <i>Proceso de envasado</i>	99
4.2.9. <i>Resto de fábrica</i>	100
4.3.APLICACIÓN DE LA NORMA UNE-EN ISO 50001 A LA FÁBRICA T.....	105
4.3.1. <i>Introducción</i>	105
4.3.2. <i>Planificación energética</i>	105
4.3.2.1. Definición de planificación.....	106
4.3.2.2. Indicadores de Desempeño Energético	109
IDEn de la fábrica	109
IDEn instalaciones o zonas.....	111
4.3.2.2.Linea Base Energética	121
Linea Base Eléctrica.....	123
Linea Base Térmica.....	124
4.3.2.3.Revisión Energética.....	125
Uso y Consumo	126



Área de uso significativo	133
Oportunidad para mejorar el desempeño energético	134
4.3.2.4.Objetivos, Metas y Planes de Acción	137
4.3.3.Verificación	139
4.3.3.1.Programa de trabajo	140
4.3.3.2.Auditoria Interna del Sistema de Gestión Energética	141
4.3.3.3.No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva	145
4.3.4.Documentación del Sistema de Gestión Energética.....	146
5.CONCLUSIONES	149
6.BIBLIOGRAFIA.....	150



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de Gestión de Calidad. [Fuente: [1] Quality Trends].....	13
Figura 2. Integración del modelo PHVA en un sistema de gestión. [Fuente: [2] iso.org]	16
Figura 3. Gráfico del desempeño energético. [Fuente: [3] energiza.].....	17
Figura 4. Comparación de un SGEN metódico o otro que no sigue la metodología. [Fuente: [4] SEI.]....	20
Figura 5. Análisis de búsqueda con el término "ISO 50001". [Fuente: [5] Scopus.]	30
Figura 6. Búsqueda organizada según países. [Fuente [5] Scopus.].....	30
Figura 7. Análisis de búsqueda con el término "Energy Management System". [Fuente: [5] Scopus.]....	31
Figura 8. Búsqueda organizada según países. [Fuente: [5] Scopus.]	32
Figura 9. Componentes del cigarro. [Fuente: Fábrica T].....	38
Figura 10. Variedad de tabaco empleados para capa y capillo en el mundo. [Fuente: Fábrica T].....	40
Figura 11. Fardo o paca de tabaco en fábrica. [Fuente: Elaboración propia].....	45
Figura 12. Plantación de tabaco. [Fuente: Fábrica T].....	45
Figura 13. Plantación de tabaco. [Fuente: Fábrica T].....	48
Figura 14. Plantación de tabaco. [Fuente: Fábrica T].....	50
Figura 15.a. Capas de diferentes colores; b. Tipos de capotes. [Fuente: Fábrica T]	54
Figura 16. Secadora de tabaco. [Fuente: Fábrica T].....	55
Figura 17. Refinadora de pasta. [Fuente: Fábrica T].....	55
Figura 18. Tanque de mezcla de tejido. [Fuente: Fábrica T]	56
Figura 19. Mezcla de agua de tabaco. [Fuente: Fábrica T]	56
Figura 20. Cinta de secado. [Fuente: Fábrica T].....	57
Figura 21. Bobina maestra. [Fuente: Fábrica T].....	57
Figura 22. Bobina. [Fuente: Fábrica T].....	58
Figura 23.a. Relleno del tirulo con tripa. b. Colocación del capote. [Fuente: Fábrica T].....	60
Figura 24. Prensa de tabaco. [Fuente: Fábrica T]	61
Figura 25. Recorte de la capa. [Fuente: Fábrica T].....	62
Figura 26. Capa recortada. [Fuente: Fábrica T].....	62
Figura 27. Colocación de la capa. [Fuente: Fábrica T].....	62
Figura 28. Fases de la fabricación automática de cigarros. [Fuente: Fábrica T].....	66
Figura 29. Fabricación de la tripa. [Fuente: Fábrica T].....	68
Figura 30. Cámara de Preacondicionamiento o vacío. [Fuente: Elaboración propia].....	70
Figura 31. Alimentador de tabaco. [Fuente: Elaboración propia].....	70
Figura 32. Tamizador compuesto por tres mallas de diferente tamaño. [Fuente: Elaboración propia].....	72
Figura 33. Secador de la tripa de tabaco. [Fuente: Elaboración propia].....	72
Figura 34. a. Silo de llenado final. b. Cajas con tripa lista para uso. [Fuente: Elaboración propia].....	73
Figura 35. Ejemplo de tamaño de un tirulo. [Fuente: Elaboración propia].....	74
Figura 36. a. Combinación 1 (capillo: natural, capa: natural); b. Combinación 2 (capillo: tabaco homogeneizado "T.H.", capa natural); c. Combinación 3 (capillo: sin capillo, capa: natural); d. Combinación 4 (capillo: tabaco homogeneizado "T.H.", capa: "T.H"). [Fuente: Fábrica T].....	75
Figura 37. Plano general de la Fábrica T. [Fuente: Elaboración propia]	82
Figura 38. Plano detalle de la zona de instalaciones. [Fuente: Elaboración propia].....	83
Figura 39. Calderas de climatización. [Fuente: Elaboración propia.]	89
Figura 40. Caldera Ygnis generadora de vapor de producción. [Fuente: Fábrica T.].....	90
Figura 41. Plano ubicación PPR. [Fuente: Elaboración propia].....	91
Figura 42. Plano de la maquinaria utilizada en la Planta de Preparación en Rama. [Fuente: Elaboración propia].....	92
Figura 43. Plano ubicación de sala de tiruleras. [Fuente: Elaboración propia].....	93
Figura 44. a. Fotografía general de una máquina tirulera donde se puede ver el abastecimiento de la tripa de tabaco. b. Salida de tirulos de la máquina. [Fuente: Elaboración propia].....	94
Figura 45. Plano detalle de las máquinas en la sala de tirulos. [Fuente: Elaboración propia].....	94
Figura 46. Plano ubicación zona de liado. [Fuente: Elaboración propia]	95
Figura 47. Plano detalle de la zona 1 entera y parte de zona 2 de liadoras. [Fuente: Elaboración propia].....	96
Figura 48. Plano detalle de la zona 2 de liadoras. [Fuente: Elaboración propia].....	96
Figura 49. Plano ubicación zona corte. [Fuente: Elaboración propia].....	97



Figura 50. Plano detalle de la zona de cortadoras. [Fuente: Elaboración propia].....	98
Figura 51. Plano ubicación zona envasado. [Fuente: Elaboración propia].....	99
Figura 52. Plano detalle zona de envasado. [Fuente: Elaboración propia].....	100
Figura 53. Plano de los almacenes de materia prima y producto terminado. [Fuente: Elaboración propia.].....	101
Figura 54. Plano de la zona de promociar. [Fuente: Elaboración propia].....	102
Figura 55. Plano de la situación de Cámaras de climatización. [Fuente: Elaboración propia].....	104
Figura 56. Estructura norma ISO 50001. [Fuente: Elaboración propia.].....	105
Figura 57. Ubicación de los analizadores de red. [Fuente: Fábrica T].....	107
Figura 58. Parámetros estadísticos del modelo de regresión de climatización en el programa SCADA. [Fuente: Fábrica T.].....	112
Figura 59. Parámetros estadísticos del modelo de regresión de aire comprimido en el programada SCADA. [Fuente: Fábrica T.].....	114
Figura 60. Parámetros estadísticos del modelo de regresión de máquinas productivas en el programa SCADA. [Fuente: Fábrica T.].....	116
Figura 61. Parámetro estadísticos del modelo de regresión de climatización consumo térmico en el programa SCADA. [Fuente: Fábrica T.].....	118
Figura 62. Parámetros estadísticos del modelo de regresión de vapor consumo térmico en el programa SCADA. [Fuente: Fábrica T.].....	120
Figura 63. Ejemplo de esquematización de variables dependientes e independientes para Línea Base Eléctrica. [Fuente: Fábrica T.].....	124
Figura 64. Ejemplo de esquematización de la variables dependientes e independientes para Línea Base Térmica. [Fuente: Fábrica T.].....	125
Figura 65. a. Gráfica sobre la energía total en kWh. b. Gráfica sobre la energía total en €. [Fuente: Fábrica T.].....	126
Figura 66. Distribución del consumo eléctrico durante el año 2016. [Fuente: Fábrica T.].....	127
Figura 67. Ilustración del gasto en € desglosado mensualmente. [Fuente: Fábrica T.].....	128
Figura 68. Ilustración del gasto en kWh desglosado mensualmente. [Fuente: Fábrica T.].....	129
Figura 69. Gráfica con el porcentaje del ahorro eléctrico real año 2016. [Fuente: Fábrica T.].....	130
Figura 70. Desglose del uso del gas natural. [Fuente: Fábrica T.].....	130
Figura 71. Ilustración del gasto de gas en kWh desglosado por meses. [Fuente: Fábrica T.].....	132
Figura 72. Ilustración del gasto de gas en € desglosado por meses. [Fuente: Fábrica T.].....	132
Figura 73. Gráfica con el porcentaje del ahorro térmico real. [Fuente: Fábrica T.].....	133
Figura 74. Etapas del proceso de auditoría interna. [Fuente [6].EnergiaCyL].....	142
Figura 75. Ejemplo de informe de auditoría interna Fábrica T. [Fuente: Fábrica T.].....	145



INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Combinaciones de capa y capote.</i>	63
<i>Tabla 2. Combinación de composición y elaboración.</i>	63
<i>Tabla 3. Resumen de proceso productivo de un cigarro.</i>	65
<i>Tabla 4. Fases de fabricación de la tripa.</i>	68
<i>Tabla 5. Fases del proceso de liado.</i>	75
<i>Tabla 6. Operaciones del empaquetado.</i>	78
<i>Tabla 7. Condiciones de temperatura y humedad por áreas.</i>	79
<i>Tabla 8. Salas de acondicionamiento.</i>	89
<i>Tabla 9. Etapas de la preparación del tabaco en rama.</i>	92
<i>Tabla 10. Denominación y descripción de cada analizador. [Fuente: Fábrica T.]</i>	108
<i>Tabla 11. Consumo de los suministros energéticos durante el año 2016.</i>	126
<i>Tabla 12. Desglose mensual del consume eléctrico.</i>	128
<i>Tabla 13. Consumos de gas durante los aos 2016,2015 y 2012. [Fuente: Fábrica T.]</i>	131
<i>Tabla 14. Porcentaje y consumo desglosa en los diferentes analizadores. [Fuente: Fábrica T.]</i>	134
<i>Tabla 15. Ejemplo Fábrica T nomenclatura de la documentación del Sistema.</i>	147



1. INTRODUCCIÓN

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988 para llevar a cabo evaluaciones integrales sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. Este panel asegura que el cambio climático es un hecho inequívoco cuyos efectos se han incrementado considerablemente en las últimas décadas como muestra el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos (olas de calor, heladas, fuertes lluvias, sequías y ciclones tropicales), además de un aumento en el nivel del mar.

Por otro lado, a nivel global existe una demanda creciente de suministro energético para sustentar el desarrollo, sin embargo, los recursos energéticos tradicionales son limitados y las emisiones de CO₂ que provienen del uso actual de la energía amenazan más nuestro clima.

Una herramienta prometedora para reducir la emisión de gases de efecto invernadero a corto plazo parece ser la eficiencia energética. Esta herramienta aplicada a nivel industrial se centra en la introducción de cambios en la gestión que de la energía se realiza en una aplicación o proceso productivo concreto. Con el objetivo de ayudar a mejorar la gestión energética llevada a cabo por las empresas surgió la ISO 50001 Sistemas de Gestión de la Energía.

Esta norma de carácter voluntario tiene como principales objetivos proporcionar a las organizaciones un marco reconocido para la integración de la eficiencia energética en sus prácticas de gestión. La implementación de esta norma incluye una serie de beneficios como son: fomento de la eficiencia energética en la empresa, mejora de la eficiencia de los procesos, fomento de tecnologías menos contaminantes, reducción de costes, mejor adaptación al cumplimiento de normativa y requisitos legales más exigentes, mejora de la imagen y marca de la empresa en el mercado, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, reducción del riesgo asociado a la oscilación de precios de los recursos energéticos en el mercado.



Por todos estos beneficios las empresas deben implementar Sistemas de Gestión de la Energía, ya que de esta forma podrán optimizar el uso de la energía, tan crítico en la mayoría de los procesos industriales, a corto, medio y largo plazo. Por lo tanto, esta norma es el instrumento más recomendable para las organizaciones que quieren realizar una gestión eficiente de la energía.

La ISO 50001 se trata de la primera certificación internacional para los Sistemas de Gestión Energética y su objetivo es regular más del 50% del consumo de energía a nivel global. Alcanzar la eficiencia energética no es sólo desarrollar un plan de ahorro de energía, sino contar con un sistema de gestión energética que garantice la mejora continua. Es más importante contar con un sistema continuo de identificación de oportunidades que la detección de una oportunidad aislada.

Con el objetivo de ayudar a reducir la demanda energética de una fábrica se ha llevado a cabo el presente trabajo fin de grado, en el que se muestra un estudio de cómo implementar un sistema de gestión energética en una empresa dedicada a la fabricación de cigarros.



2. OBJETO Y ALCANCE

El objeto de este trabajo fin de grado es analizar la implantación de un Sistema de Gestión Energética a través de la norma UNE-EN ISO 50001 en una aplicación concreta. Este estudio se lleva a cabo analizando las diferentes unidades del proceso productivo de una empresa que se dedica a la fabricación de cigarrillos.

Para llevar a cabo la implementación de un sistema de gestión energético, en primer lugar es necesario realizar un diagnóstico inicial de la empresa estudiando su consumo energético. El análisis de estos consumos en la Fábrica T, se ha realizado a partir de la instalación de diferentes analizadores que han permitido el registro de los consumos. Con estos analizadores se pueden detectar los puntos de mayor consumo de energía tanto eléctrica como de gas, y allí donde se produzca el mayor consumo y sea además lo suficientemente importante como para tomarlo en cuenta, se tomarán las medidas necesarias para reducir ese consumo.

La colocación de estos analizadores también permitirá comprobar si la implantación de Sistema de Gestión Energético está siendo útil o no, por el registro de consumo que se llevará a cabo.

Este trabajo fin de grado se ha centrado en la implantación del sistema de gestión energético en el proceso productivo, ya que es el máximo consumidor de energía de la fábrica, representando un 95% del consumo total de energía de la Fábrica T.

En concreto este trabajo se ha centrado en analizar en detalle la red eléctrica y la de gas ya que son las principales líneas en las que se genera demanda energética en esta fábrica.



3. ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICOS

3.1 Análisis teórico

En el análisis teórico se va a explicar brevemente en qué consisten los sistemas de gestión más importantes que una empresa puede implementar para mejorar de forma significativa tanto los procesos de producción, como el producto terminado y así ofrecer una mejor imagen en el mercado.

3.1.1 Sistemas de Gestión de la Calidad

Un sistema de Gestión de la Calidad (SGC) es una serie de actividades coordinadas que se llevan a cabo sobre un conjunto de elementos para lograr la calidad de los productos o servicios que se ofrecen al cliente, es decir, planear, controlar y mejorar aquellos elementos de una organización que influyen en el cumplimiento de los requisitos del cliente y en el logro de la satisfacción del mismo.

La comprensión y gestión de los procesos interrelacionados como un sistema contribuye a la eficacia y eficiencia de la organización en el logro de sus resultados previstos. Este enfoque permite a la organización controlar las interrelaciones e interdependencias entre los procesos del sistema, de modo que se pueda mejorar el desempeño global de la organización.

Estos son los ocho principios que se encuentran en un sistema de gestión de calidad:

1. Enfoque al cliente

Las empresas dependen de sus clientes, y por esa razón deben comprender las necesidades actuales y futuras de estos, satisfacer todos los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder a las expectativas de los empleados.

La organización debe tener claro que las necesidades de sus clientes no son estáticas, sino algo dinámico por lo que van cambiando a lo largo del tiempo, además de ser los clientes cada vez más exigentes y estar cada vez más informados. La organización no sólo ha de esforzarse por conocer esas



necesidades y expectativas de sus clientes, sino que ha de ofrecer diferentes soluciones mediante los productos y los servicios, y gestionarlas e intentar superar las expectativas día a día.

2. Liderazgo y Compromiso

Los líderes de una organización establecen la unidad de propósito y orientación de la empresa. Deben crear y mantener un ambiente interno en el cual los empleados pueden llegar a involucrarse totalmente para conseguir los objetivos de la empresa.

El liderazgo es una cadena que afecta a todos los directivos de una empresa, que tienen personal a su cargo. Si se rompe un eslabón de dicha cadena, se rompe el liderazgo de la empresa.

3. Participación del personal

El personal es la esencia de la empresa y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean utilizadas para el beneficio de la empresa.

La motivación del personal es clave, así como que una empresa dispone de un plan de incentivos y reconocimientos. Sin estas dos acciones, difícilmente una empresa puede conseguir el compromiso del personal.

4. Procesos

Conjunto de actividades que transforman distintos elementos de entrada en un producto o servicio. Todas las empresas tienen procesos, pero no siempre se encuentran identificados. Los procesos requieren de recursos, procedimientos, planificación y actividades, así como sus responsables.

El cambio reside en la concepción de la empresa. Ha dejado de ser una empresa por departamentos o áreas funcionales para ser una empresa por procesos para poder crear valor a los clientes.

5. Gestión

Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema contribuye a la eficiencia y eficacia de una empresa para conseguir sus objetivos.



El fin último que se persigue es el logro de los objetivos marcados. Para ellos será necesario que la empresa detecte y gestione de forma correcta todos los procesos interrelacionados.

6. Mejora continua

La mejora continua del desempeño general de las empresas debe ser un objetivo permanente. La mejora continua de los procesos se consigue con el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), para mejorar.

7. Toma de decisiones

Las decisiones se basan en el análisis de datos y la información. Lo que no se puede medir no puede ser controlado, y lo que no se puede controlar puede llegar a ser un caos.

8. Proveedor

Una empresa y sus proveedores son interdependientes, y una relación beneficiosa puede aumentar la capacidad de ambos para crear valor.

Es necesario desarrollar alianzas estratégicas con los proveedores para ser mucho más competitivos y mejorar la productividad y la rentabilidad. Si existe una buena relación entre ambas, salen ganando los dos, tanto la empresa como el proveedor.

Todos los elementos descritos anteriormente son gestionados a partir de tres procesos de gestión: planificación, control y mejora.

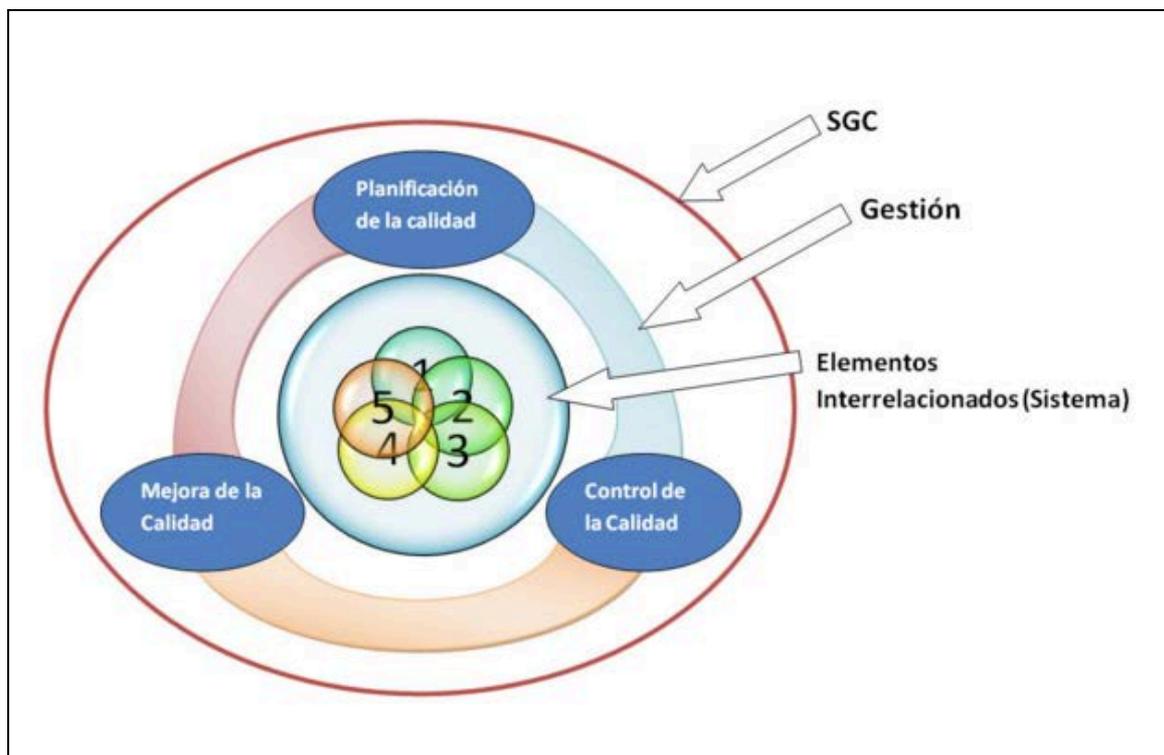


Figura 1: Sistema de Gestión de Calidad. [Fuente: [1] Quality Trends]

La implantación de un sistema de gestión de calidad trae consigo la obtención de una serie de beneficios en distintas áreas:

- Beneficios ante el mercado:
 - Mejorar la imagen de los productos y/o servicios ofrecidos.
 - Favorecer su desarrollo y afianzar su posición.
 - Ganar cuota de mercado y acceder a mercados exteriores gracias a la confianza que genera entre los clientes y consumidores.
- Beneficios ante los clientes:
 - Aumentar la satisfacción de los clientes.
 - Eliminar múltiples auditorias con el correspondiente ahorro de costes.
 - Acceder a acuerdos de calidad concertada con los clientes.
- Beneficios para la gestión de la empresa:
 - Estimular a la empresa para entrar en un proceso de mejora continua.



- Aumentar la motivación y participación del personal, así como mejorar la gestión de los recursos.

3.1.2. Sistemas de Gestión Ambiental

3.1.2.1. Introducción

Hoy en día las organizaciones, independientemente de su actividad productora, tamaño o ubicación geográfica, deben de cumplir con un mayor número de exigencias ambientales impuestas por la Administración, los clientes y la sociedad en general. Por estas razones es casi imprescindible el uso de un Sistema de Gestión que integre el medio ambiente en la gestión global de la empresa.

La implantación de un Sistema de Gestión Ambiental ofrece a las organizaciones la posibilidad de sistematizar los aspectos ambientales que se generan en cada una de las actividades que se desarrollan en una organización, además de promover la protección ambiental y la prevención de la contaminación desde un punto de vista del equilibrio con los aspectos socioeconómicos.

Gracias a la implantación de este sistema, las organizaciones aumentan su responsabilidad social y la diferencia con otras organizaciones haciéndolas más competitivas de una manera positiva gracias a una mejor imagen hacia los clientes y los consumidores. Entre otras ventajas que ofrece la implantación de este sistema, es la optimización de la gestión de recursos y residuos, reduciendo los aspectos ambientales desfavorables derivados de su actividad productiva o aquellos riesgos asociados a situaciones accidentales.

En el aspecto económico, este sistema de gestión además de potenciar la innovación y la productividad, la organización tiene la posibilidad de reducir costes de la gestión de residuos o primas de seguros, eliminar barreras a la exportación, reducir el riesgo de litigios y sanciones, tener un mayor acceso a subvenciones y otras líneas de financiación o disminuir los riesgos laborales.



3.1.2.2. Factores de éxito

El posible éxito de un Sistema de Gestión Ambiental concierne en el compromiso de todas las funciones y niveles de la organización, bajo el liderazgo de la alta dirección. Las organizaciones deben aprovechar las diferentes oportunidades de prevenir o mitigar impactos ambientales e incrementar los impactos ambientales beneficiosas, especialmente los que tienen consecuencias estratégicas y de competitividad. La alta dirección puede abordar activamente sus riesgos y oportunidades mediante la integración de la gestión ambiental a sus procesos de negocio, dirección estratégica y toma de decisiones, alineándolos con otras prioridades de negocio, e incorporando la gobernanza ambiental a su sistema de gestión global.

Sin embargo, este sistema de gestión no garantiza unos resultados ambientales óptimos. La aplicación puede ser diferente de una organización a otra, debido al contexto en que se encuentran. Dos organizaciones pueden ejecutar actividades similares pero pueden tener diferentes requisitos legales así como requisitos adicionales, diferentes compromisos de política ambiental, diferentes tecnologías ambientales y diferentes objetivos de desempeño ambiental, y aun así ambas organizaciones pueden aplicar un sistema de gestión ambiental similar.

3.1.2.3. Modelo PHVA

La base para el enfoque que subyace a un sistema de gestión ambiental se fundamenta en el concepto de Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA). El modelo PHVA proporciona un proceso reiterativo usado por las organizaciones para lograr la mejora continua. Se puede aplicar a un Sistema de Gestión Ambiental y a cada uno de sus elementos individuales, describiéndolo de la siguiente manera:

- Planificar: Establecer las metas ambientales y los procesos necesarios para crear y proporcionar resultados de acuerdo con la política ambiental de la organización.
- Hacer: Implementar los procesos según lo planificado con anterioridad.



- Verificar: Realizar el seguimiento y medir los procesos respecto a la política ambiental, incluidos sus compromisos, objetivos ambientales y criterios operacionales, e informar de sus resultados.
- Actuar: Abordar acciones para la mejora continua.

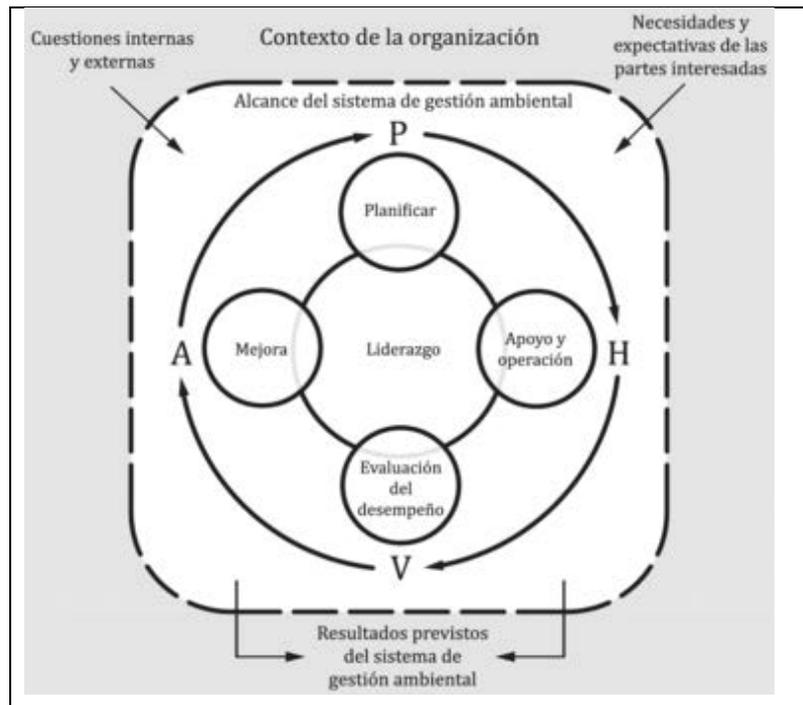


Figura 2. Integración del modelo PHVA en un sistema de gestión. [Fuente: [2] iso.org]

3.1.3. Sistemas de Gestión Energética (SGE)

3.1.3.1. Introducción

La gestión de la energía permite identificar oportunidades para mejorar la eficiencia energética, proporcionando las bases para la mejora del desempeño energético de la organización. Por esta razón la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) creó la ISO 50001:2011 Sistema de Gestión de la Energía, siendo un estándar para ayudar a las organizaciones a mejorar su uso de la energía.

La implantación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) asegura la mejora del desempeño energético y de la eficiencia energética; la norma ISO 50001 ayudará como guía para el desarrollo e implantación del mismo. Esta implantación



se realiza de forma voluntaria y su triunfo está directamente relacionado con el compromiso por parte de la organización en su desarrollo, implantación y mejora. Cualquier organización, independientemente de su tamaño, es susceptible de implantar un SGen, pudiendo establecerlo sobre la totalidad de la misma o sobre ciertas áreas o departamentos, según se establezca en los límites del ámbito de aplicación.

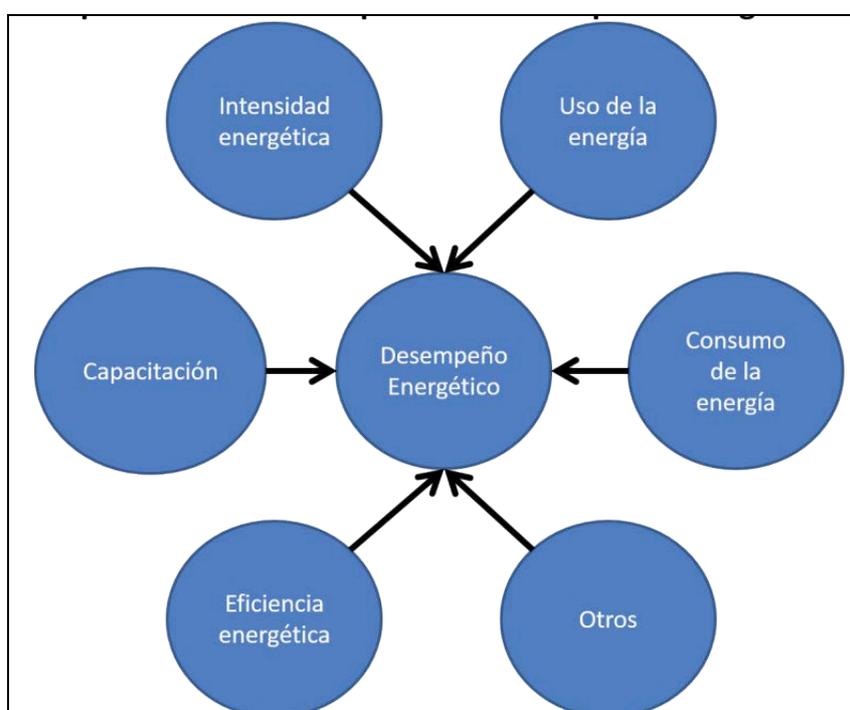


Figura 3. Gráfico del desempeño energético. [Fuente: [3] energiza.]

El sistema de gestión energético tiene que medir, controlar, planificar y mejorar el desempeño energético de una organización. El sistema está enfocado para mejorar los procesos teniendo en cuenta el cumplimiento de la normativa o legislación vigente, buscando un uso racional de la energía, aumentando la eficiencia energética.

Tras la implantación del sistema, se busca la mejora del mismo, trabajando sobre acciones que consigan incrementar la eficiencia energética. Se emplea la filosofía Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) como palanca para la mejora continua del sistema.



El ciclo Deming o círculo PHVA es un instrumento de mejora continua de la calidad de gestión de una organización. Se trata de un modelo para llevar a cabo el cambio en un círculo iterativo.

Las fases del ciclo Deming se organizan según las diferentes entradas del sistema de gestión energético, integrando cada uno de los puntos de la norma para la mejora del desempeño energético. Para ello se usan diversas aplicaciones y elementos como:

- La política energética
- Los indicadores de desempeño energético
- Las auditorias del sistema de gestión
- Los planes de acción

El sistema está enfocado a organizaciones orientadas hacia la optimización y mejora de procesos y la eficiencia energética, el uso de las energías renovables y el cumplimiento de su política energética. Su implantación y desarrollo ayuda a las organizaciones a conseguir beneficios en los siguientes puntos:

- Ambientales y de eficiencia
 - Consumo eficiente y optimización del uso de la energía.
 - Fomento de la eficiencia energética.
 - Reducción de emisiones de CO₂.
 - Socioeconómicos.
- Reducción de costes
 - Reducción de la dependencia energética exterior.
 - Reducción de las fluctuaciones en el precio de la energía.
- Imagen corporativa
 - Responsabilidad social corporativa.
 - Cumplimiento de requisitos legales.



Un sistema de gestión implantado correctamente es aquel que presenta una visión de la realidad energética verdadera, plasmando sus metas y objetivos en una política energética con la que la dirección está fuertemente comprometida. Los indicadores energéticos deben de estar adecuadamente instalados para la realización del seguimiento, proponiéndose las acciones necesarias para la mejora continua del sistema.

El sistema debe de estar documentado, disponiendo de los procedimientos necesarios para la correcta ejecución del mismo. Se llevarán a cabo ciclos de medida y verificación realizando las pertinentes auditorias o revisiones a la organización, las cuales deberán estar documentadas y registradas.

Se debe tener en cuenta la eficacia energética desde el momento en el que se produce la adquisición y diseño, tanto de los instrumentos como de los servicios energéticos, de tal modo que éstos se adecúen a los parámetros de eficiencia energética establecidos anteriormente. Se aplicarán buenas conductas a la hora de fijar cuáles son las características exigibles en el proceso de compras, de modo que los equipos y servicios queden integrados en la gestión desde el inicio.

El Sistema de Gestión Energético se establece con el principal objetivo de reducir y controlar el consumo energético de la organización. La Figura 4 muestra los ahorros económicos teóricamente que se podrían obtener a través de un sistema metódico, el cual sigue el proceso PHVA trabajando la mejora continua y otro en el que el sistema de gestión no sigue el proceso sistemático de mejora.

En la parte superior de la Figura 4 se observa cómo, una vez implantado y evolucionado el Sistema de Gestión Energético se consigue un importante descenso en los costes, que hacen aumentar la eficacia mediante la promoción de prácticas eficientes. Al finalizar, los trabajadores adquieren unos valores energéticos que adaptaran diariamente en práctica con el objetivo de ahorrar energía. También será necesaria la inversión de un importante capital para conseguir un mayor ahorro aunque este será devuelto con el paso del tiempo.



En la parte inferior de la Figura 4 se puede apreciar como la evolución de los costes es fluctuante. Tras la implantación de ciertas medidas de ahorro energético se produce una reducción de costes. Sin embargo, al tratarse de un sistema de gestión no metódico, estas medidas de ahorro no permanecerán en el tiempo. Por lo que, una vez pasado el efecto de tales medidas, los costes energéticos vuelven a incrementarse, llegando incluso a superar el coste de punto de partida.

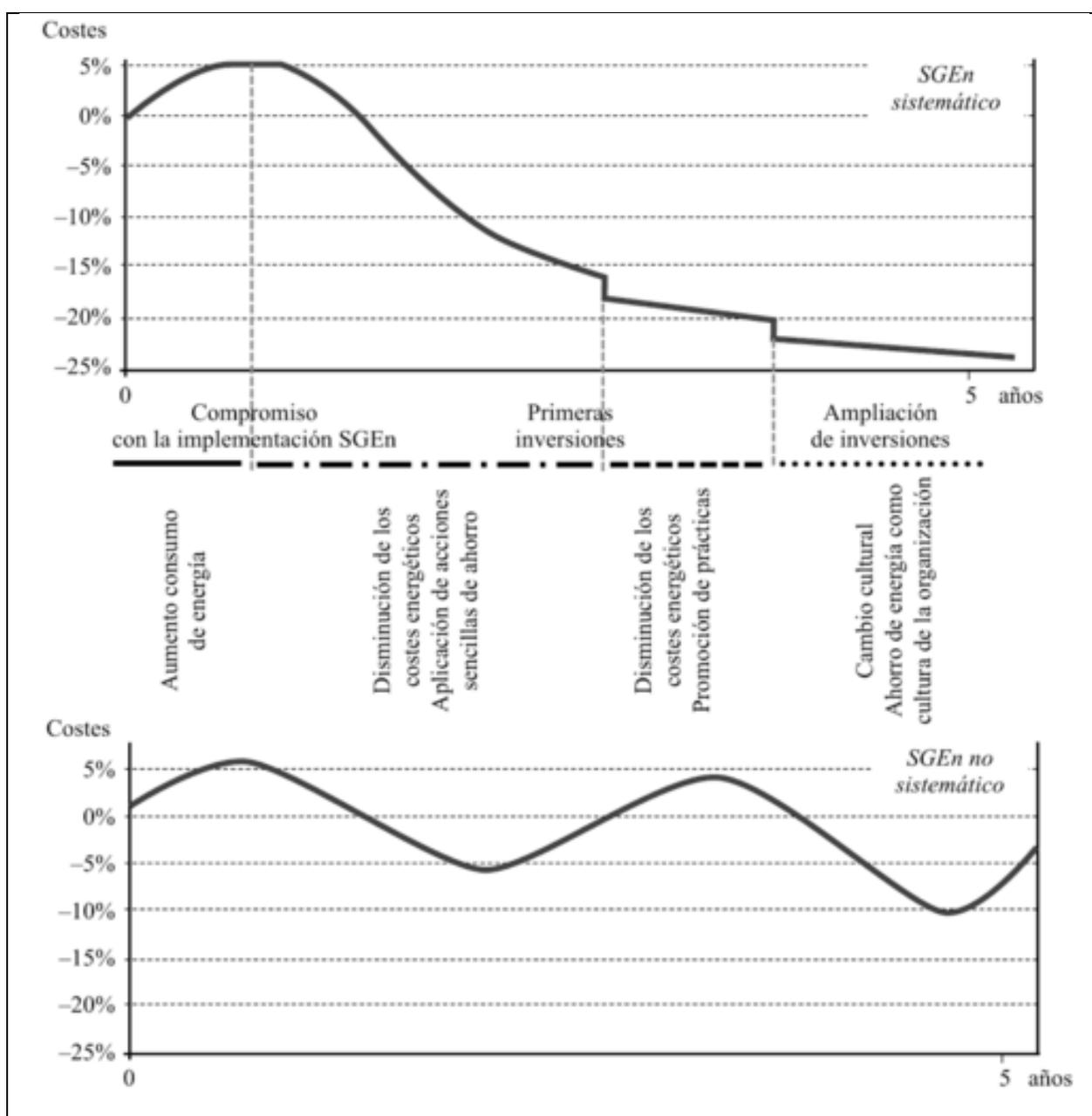


Figura 4. Comparación de un SGen metódico o otro que no sigue la metodología. [Fuente: [4] SEI.]



3.1.3.2. Requisitos y estructura de la norma

La base de un Sistema de Gestión Energética es una gestión enfocada hacia la eficiencia de los procesos, consciencia de las responsabilidades y de los recursos disponibles para la misma. El sistema será efectivo cuando, una vez implementado y desarrollado, en un tiempo se pueda ver una mejora en el desempeño energético de la organización.

El principal objetivo del sistema es la mejora del desempeño energético así como una mejora cuantitativa en términos de sostenibilidad de la organización. Gracias a esto el sistema hace un enfoque de forma que los procesos busquen la eficiencia energética, teniendo en cuenta las fases de diseño, de adquisición y de operación.

Existen una serie de requisitos marcados por la Norma ISO 50001 que el Sistema de Gestión Energética debe cumplir, y son los siguientes:

- Establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar el Sistema de Gestión Energético.
- Definir y documentar los límites del sistema.
- Determinar cómo cumplirá la organización con los requisitos de la norma para lograr una mejora continua del desempeño energético del sistema.

El sistema genera documentación referente a si mismo, en la que se detallan donde están los procedimientos de trabajo, auditorias, revisiones, planes de acción u otros. Esta documentación determinará el Sistema y puede adoptar cualquier formato o medio (actuación escrita, fotografías, videos, archivos, etc.), siempre que sea legible y accesible a los usuarios y empleados interesados, gracias a los procedimientos que deben de estar implementados, documentados y adecuadamente controlados.

La documentación, para dar cumplimiento a los requisitos de la Norma, presentará los siguientes aspectos:



- El alcance y los límites del Sistema de Gestión Energética.
- La política energética.
- Los objetivos y las metas energéticas y los planes de acción.
- Los documentos, incluyendo los registros, requeridos por la Norma.
- Otros documentos determinados por la organización como necesarios

Estos documentos deben controlarse, de modo que se asegure la disponibilidad de los mismos, en su versión actualizada y aprobada por el responsable del Sistema. Además, la documentación se revisará de forma periódica para su actualización.

La estructura de los requisitos fijados por esta Norma es la siguiente:

- Responsabilidad de la dirección:
 - Alta dirección: debe demostrar el compromiso de apoyar el sistema y de mejorar continuamente su eficacia, ¿cómo?:
 - defendiendo una política energética;
 - designando un representante de la dirección;
 - suministrando los recursos necesarios para poder establecer el sistema;
 - identificando el alcance por el sistema; comunicando la gestión de la energía dentro de la organización;
 - asegurando que se establecen los objetivos y metas energéticas;
 - asegurando que los indicadores energéticos son apropiados para la organización;
 - considerando el desempeño energético en una planificación a largo plazo;
 - cerciorándose que los resultados se miden y se informan de ellos;
 - llevando a cabo las revisiones por la dirección;



- Representante de la dirección: debe de ser elegido un representante de la dirección con habilidades y competencias adecuadas, teniendo la autoridad para:
 - asegurar que el sistema se establece, se mantiene y se mejora continuamente de acuerdo con la Norma;
 - identificar a las personas para trabajar con el representante de la dirección en el apoyo de las actividades de gestión de la energía;
 - informar sobre el desempeño energético a la alta dirección;
 - informar a la alta dirección del desempeño del Sistema de Gestión Energético;
 - asegurar que la planificación de las actividades se diseña para apoyar la política energética;
 - definir y comunicar responsabilidades y autoridades con el fin de facilitar la gestión eficaz de la energía;
 - determinar criterios necesarios para asegurar las operaciones y el control del sistema;
 - promover la toma de conciencia de la política energética y de los objetivos en todos los niveles de la organización.

- Política energética:

Debe establecer el compromiso de la organización para alcanzar una mejora en el desempeño energético. La alta dirección debe: asegurar que exista un compromiso de mejora continua, apoyar la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes, se documente y se comunique a todos los niveles de la organización.



- Planificación energética:

La organización deber llevar a cabo un proceso de planificación energética. La planificación debe de ser coherente con la política energética y debe conducir a actividades que mejoren de forma continuada el desempeño energético.

- Indicadores de Desempeño Energéticos: deben de realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético. Deben revisarse y compararse con la línea de base energética de forma apropiada.
- Línea de base energética: deben de ser creadas utilizando información de la revisión energética inicial y considerando un periodo para la recolección de datos adecuados al uso y consumo de energía de la organización. Deben realizarse ajustes en la línea base energética cuando:
 - los Indicadores de Desempeño Energéticos (IDEns) ya no reflejen el uso y consumo de energía de la organización;
 - se hayan realizado cambios importantes en los procesos, patrones de operación, o sistemas de energía; o
 - así lo establece un método predeterminado.
- Revisión energética: para desarrollar la revisión energética, la organización debe:
 - analizar el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otros tipos de datos, identificando las fuentes de energía y evaluando el uso y consumo pasados y presentes de la energía;
 - identificar las áreas de uso significativo de la energía, identificando las instalaciones, equipamientos procesos y personal que trabajan para la organización que afecten significativamente al uso y consumo de la energía, identificar otras variables que puedan afectar a los usos significativos de la energía y estimar el uso y consumo futuros de energía;



- identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético.
- Objetivos y metas energéticas y planes de acción: se deben establecer, implementar y mantener objetivos y metas energéticas documentados correspondientemente a las funciones, niveles, procesos o instalaciones pertinentes. Debe establecerse plazos para el logro de objetivos y metas. Estos deben de ser coherentes con la política energética.
- Implementación y operación:

Deben de utilizarse los planes de acción y otros elementos resultantes del proceso de planificación para la implementación y la operación.

La organización debe asegurarse que cualquier persona que realice tareas para ella, relacionadas con usos significativos de la energía, sea competente tomando como base una educación, formación o experiencia adecuadas. La organización debe proporcionar la formación necesaria o tomar acciones para satisfacer estas necesidades.

La organización debe comunicar internamente la información relacionada con su desempeño energético de manera apropiada al tamaño de la organización.

La organización debe establecer, implementar y mantener información en papel, formato electrónico o cualquier otro medio, para describir los elementos principales del Sistema de Gestión Energética y su interacción. Esta documentación debe incluir:

- el alcance y límites del SGE;
- la política energética;
- los objetivos y metas energéticas y los planes de acción;
- los documentos requeridos por la Norma;
- otros documentos determinados por la organización.



La organización debe identificar y planificar aquellas operaciones y actividades de mantenimiento que estén relacionadas con el uso significativo de la energía, con el objetivo de asegurarse que se efectúan bajo condiciones especificadas.

La organización debe considerar las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en el diseño de instalaciones nuevas, modificadas o renovadas, tanto de equipos, sistemas y de procesos. Los resultados de la actividad de diseño deben registrarse.

Al adquirir servicios de energía, productos y equipos que tengan un impacto en el uso significativo de la energía, la organización debe informar a los proveedores que las compras serán en parte evaluadas sobre la base de desempeño energético. La organización debe establecer criterios para evaluar el uso y consumo de la energía, así como la eficiencia de la energía durante la vida útil al adquirir productos, equipos y servicios. Deben definir y documentar las especificaciones de adquisición de energía.

- Verificación

La organización debe asegurarse que las características clave de sus operaciones que determinen el desempeño energético se sigan, se midan y se analicen a intervalos planificados. Las características clave deben incluir como mínimo:

- usos significantes de la energía;
- variables pertinentes relacionadas con los usos de la energía;
- IDEn;
- eficacia de los planes de acción para alcanzar los objetivos y metas;
- evaluación del consumo energéticos real contra el esperado;

Debe definirse un plan de medición energética apropiado al tamaño y complejidad de la organización y a su equipamiento de seguimiento y medición.

La organización debe definir y revisar periódicamente sus necesidades de medición. Mantenerse los registros de las calibraciones y de las otras formas de establecer la exactitud.



La organización debe investigar y responder a desviaciones significativas del desempeño energético.

La organización debe evaluar el cumplimiento de los requisitos legales relacionados con el uso y consumo de la energía.

La organización debe llevar a cabo auditorias internas a intervalos planificados para asegurar que el Sistema de Gestión Energético cumpla con las disposiciones planificadas, con los objetivos y metas energéticas así como con una implementación eficiente, y una mejora del desempeño energético. Debe de mantenerse un registro de los resultados de las auditorias e informar a la alta dirección.

La organización debe tratar las no conformidades reales y potenciales haciendo correcciones, y tomando acciones correctivas y preventivas. Estas deben ser apropiadas para la magnitud de los problemas reales o potenciales encontrados y a las consecuencias en el desempeño energético. La organización debe asegurar que cualquier cambio necesario se incorpore al Sistema de Gestión Energético.

La organización debe establecer los registros que sean necesarios para demostrar la conformidad con los requisitos de su Sistema y de la Norma, y para demostrar los resultados logrados en el desempeño energético.

- Revisión por la dirección

La alta dirección debe revisar el Sistema de Gestión Energético de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas. Debe mantener registros de las revisiones por la dirección.

La información de entrada para la revisión por la dirección debe incluir:

- acciones de seguimiento de revisiones por la dirección previas;
- revisión de la política energética;
- revisión del desempeño energético y de los IDEn relacionados;



- resultados de la evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y cambios en los requisitos;
- grado de cumplimiento de los objetivos y metas energéticas;
- resultados de auditorías del Sistema;
- estado de las acciones correctivas y preventivas;
- desempeño energético proyectado para el próximo periodo;
- recomendaciones para la mejora.

Los resultados de la revisión por la dirección deben incluir:

- cambios en el desempeño energético de la organización;
- cambios en la política energética;
- cambios en los IDEns;
- Cambios en los objetivos, metas del sistema de gestión de la energía, coherentes con el compromiso de la organización con la mejora continua;
- cambios en la asignación de recursos.

3.2. Análisis Científico

3.2.1. Evolución energética

A lo largo de estos últimos años se puede observar un aumento en el estudio del uso de la energía, debido a que cada día que pasa se está más cerca del fin del uso de energía fósil. Debido a esto, ha aumentado la búsqueda de fuentes de energías renovables que permitan disponer de recursos prácticamente infinitos.

También gracias a una mayor concienciación sobre el hecho de que la energía es un bien que debemos saber utilizar, se han creado sistemas y herramientas para el uso eficiente de ésta.

El conocimiento de estas nuevas herramientas implementadas en aplicaciones prácticas de todo tipo puede obtenerse a través de la búsqueda en bases de datos de diferentes trabajos de investigación.



Con el objetivo de conocer a través de casos prácticos la utilidad de la implementación de SGENs en empresas, se han empleado dos bases de datos: Scopus y Scindirect para la búsqueda de artículos. Estas bases de datos ofrecen una gran versatilidad a la hora de encontrar y comparar el número de artículos, pudiendo clasificarlos por año, región, áreas, etc.. Para poder ampliar la búsqueda debemos usar términos en inglés, ya que es un idioma que engloba más volumen de artículos.

Las palabras clave utilizadas para realizar la búsqueda han sido las siguientes:

- “ISO 50001”
- “Energy management system” (Sistema de Gestión Energética)

Se uso como primer elemento de búsqueda “ISO 50001” y su resultado de búsqueda se muestra a continuación.

En la Figura 5 se puede observar que la búsqueda realizada abarca desde el año 2005 hasta la actualidad. La búsqueda se inicia en el 2008 porque es el primer año donde se encuentra un artículo relacionado con el término de búsqueda. También en esta Figura 5 se puede observar que hasta el año 2010 no existe un número relevante de artículos. Esto es debido a que la Norma ISO 50001 se empezó a escribir en este año y fue publicada en el año 2011. Se observa que su punto máximo de artículos es en el 2015 con un total de 35 publicaciones.

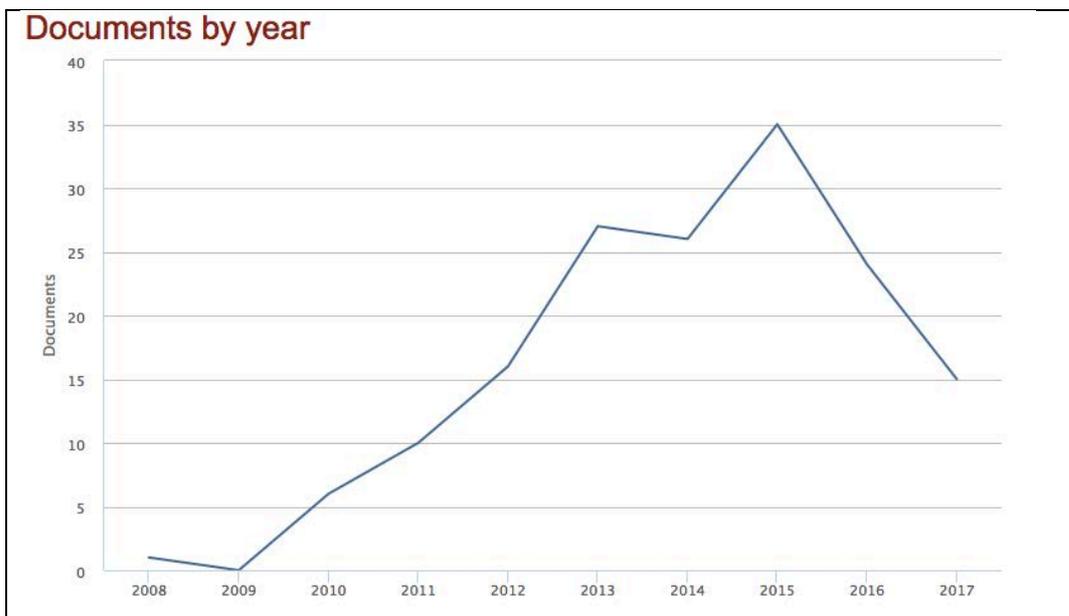


Figura 5. Análisis de búsqueda con el término "ISO 50001". [Fuente: [5] Scopus.]

En la Figura 6 se ha organizado la búsqueda según países, y como se puede observar en Estados Unidos es donde más artículos han publicado, un total de 34. En el caso de España puede verse que se publicó un total de 3 artículos relacionados con la búsqueda "ISO 50001".

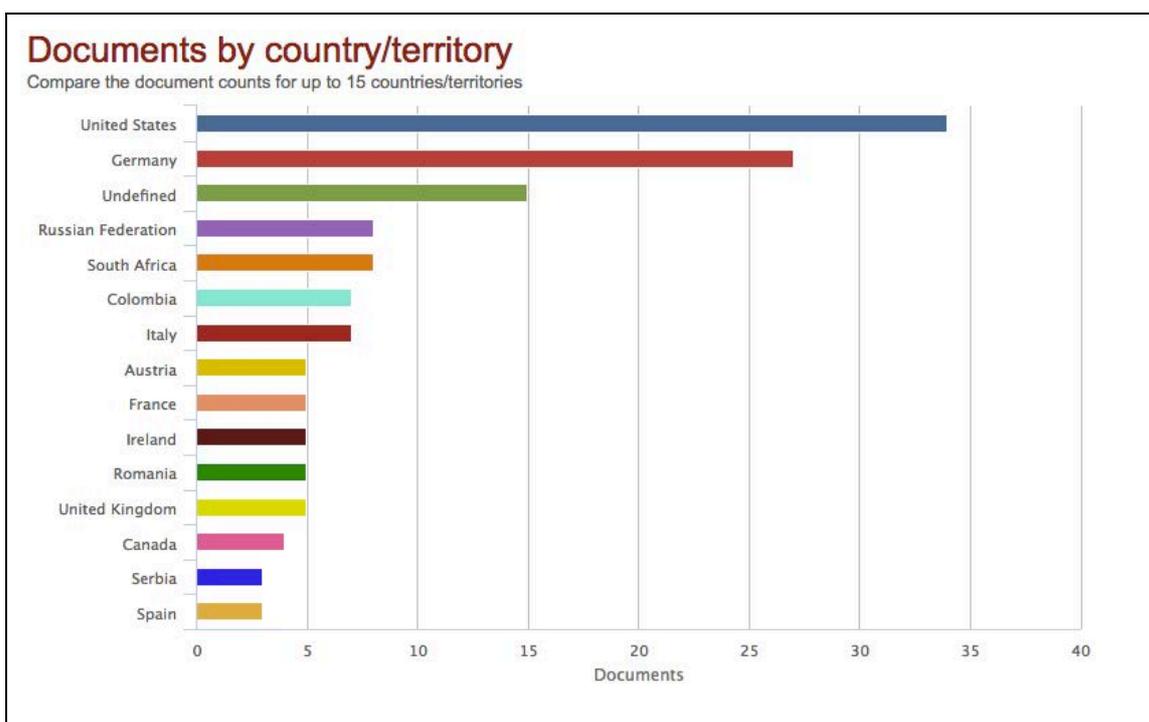


Figura 6. Búsqueda organizada según países. [Fuente [5]Scopus.]



El segundo término utilizado para realizar una búsqueda de artículos fue “Energy Management System”. Con este término se encontró un número total de 6.856 documentos relacionados con ese término, como se puede observar muchos más que con el anterior. Esto es debido a que un sistema de gestión energético siempre ha sido algo utilizado en las investigaciones, pero la Norma ISO 50001 solo existe a partir del año 2011.

El primer artículo fue publicado en 1973 y hasta alrededor del año 2005 la media de publicaciones fue menor de 100. Aumentado progresivamente hasta alcanzar su punto máximo que fue en el año 2016 con un total de 1017 publicaciones.

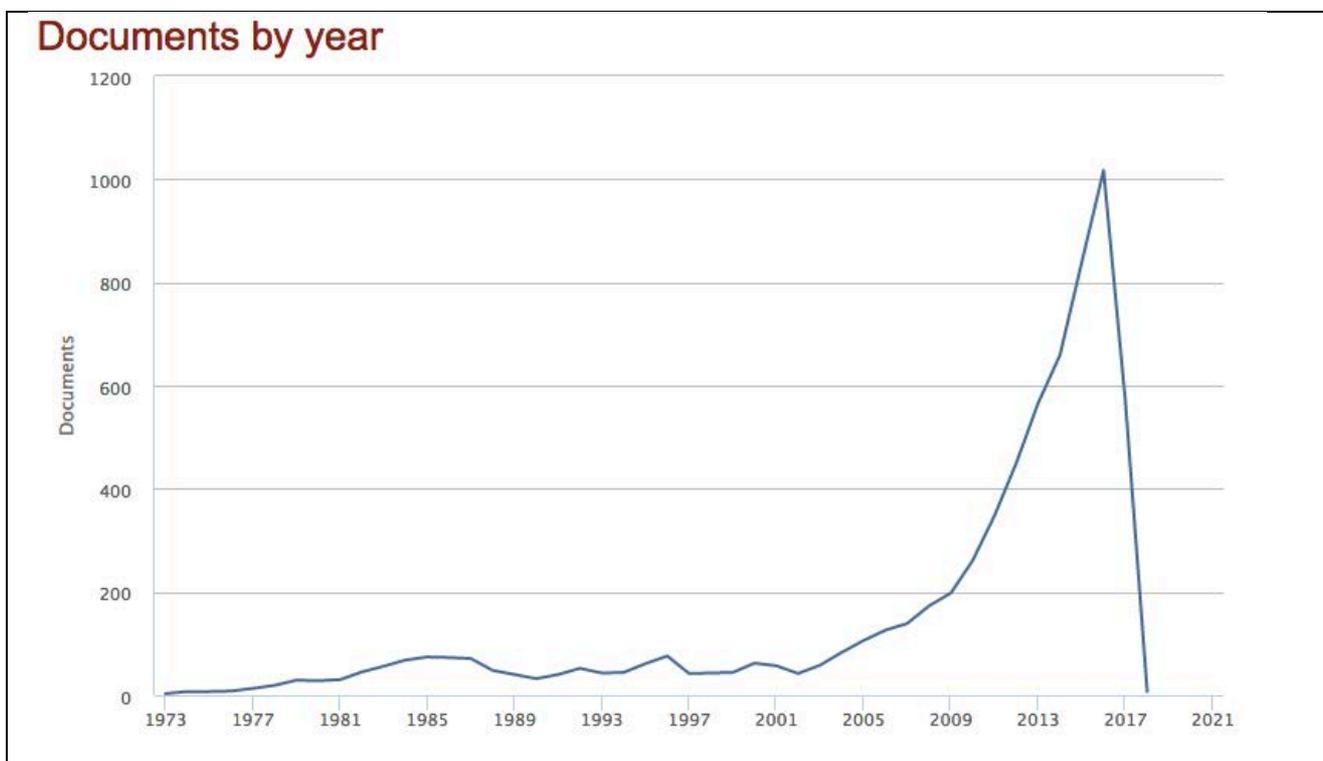


Figura 7. Análisis de búsqueda con el término "Energy Management System". [Fuente: [5] Scopus.]

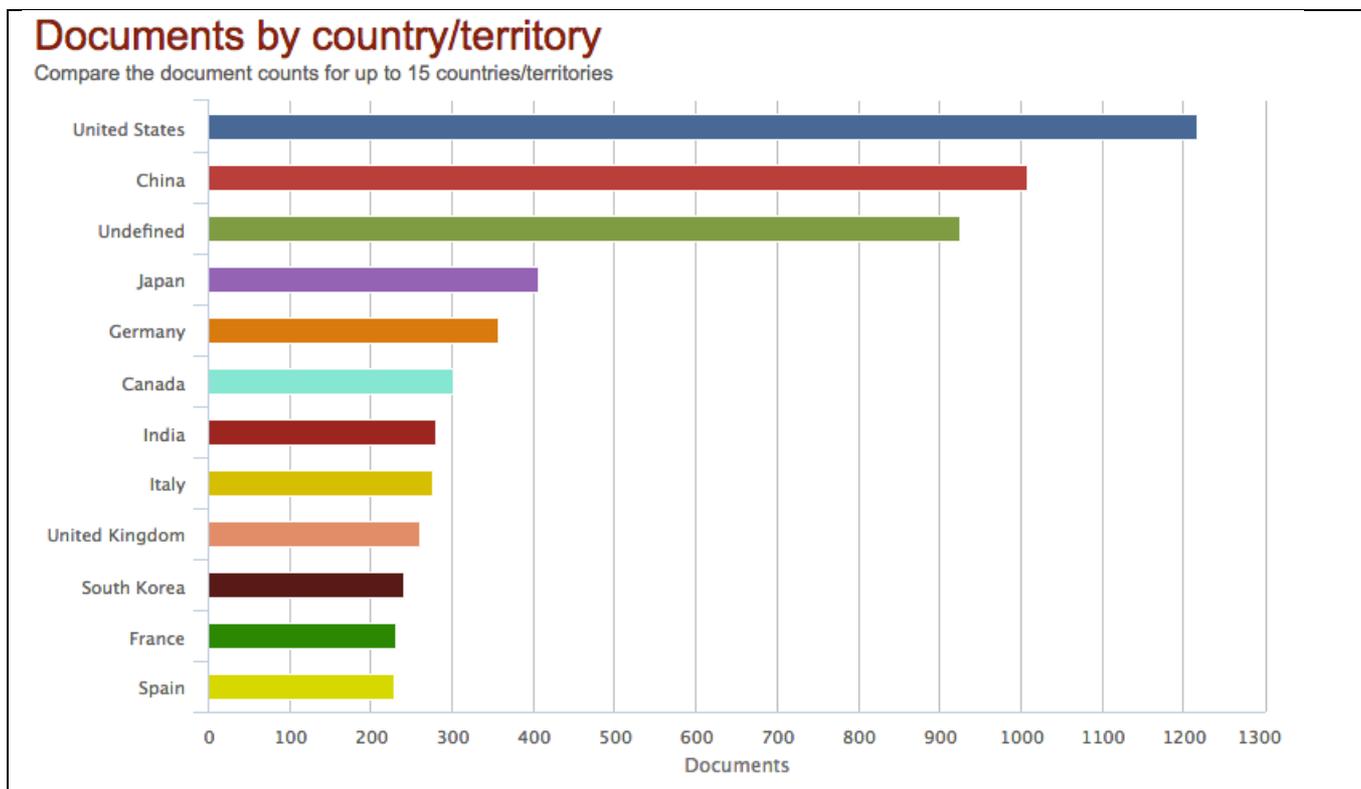


Figura 8. Búsqueda organizada según países. [Fuente: [5] Scopus.]

Como se puede observar en la Figura 8 Estados Unidos sigue siendo otra vez el máximo país que en publicaciones, pero esta vez España tiene un número significativo con 228 artículos publicados.

3.2.2. Artículos científicos

Artículo 1. Jovanović, B.; Filipović, J.; Bakić, V. Energy management system implementation in Serbian manufacturing – Plan-Do-Check-Act cycle approach. Journal of Cleaner Production, (2017), vol. 162, pp. 1144-1156.

Este artículo recoge la experiencia de un estudio realizado en Serbia y es el primer estudio publicado sobre este tema. Describe que el consumo de energía per cápita es más alto que la mayoría de los países que le rodea. Debido a ese estudio realizado determinan que aplicando prácticas de gestión de la energía pueden llegar a reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂. En este artículo se puede observar como se implementa la gestión energética en una fábrica en Serbia,



y esta fábrica trabaja en el sector de los alimentos y fabricación de productos mineros no metálicos, sectores industriales de alta prioridad.

El estudio se realizó mediante un cuestionario basando las preguntas en la Norma UNE-EN ISO 50001. Estas preguntas fueron agrupadas en 16 categorías diferentes y todas se basaron en el cumplimiento y seguimiento del ciclo PDCA (Plan, Do, Check and Act). La encuesta fue realizada en el año 2015 desde el mes de mayo hasta diciembre, y fueron encuestadas 52 organizaciones diferentes.

Los datos recogidos por la encuesta demostraron que las organizaciones encuestadas tiene un porcentaje de un 59,06% del sistema implantado. Encontrando solo un 5,8% con el sistema de gestión totalmente instalado. Por lo que se llega a la conclusión de que el nivel de implantación de las organizaciones en Serbia se considera parcial.

El porcentaje de implantación del ciclo PDCA es el siguiente:

- Plan, un 61,87%
- Do, un 59,98%
- Check, un 59,61%
- Act, un 35,34%

Viendo estos resultados se puede decir que existe una necesidad de alcanzar una mayor sensibilización a través de la educación de la alta dirección sobre los requisitos y beneficios de un Sistema de Gestión Energético

Artículo 2. Prashar, A. Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs. *Journal of Cleaner Production*, (2017), vol. 145, pp. 277-293.

En este artículo se estudia la implantación de un Sistema de Gestión Energético en pequeñas y medianas empresas, ya que componen un porcentaje importante en el sector industrial. Analiza en qué puntos pueden mejorar para optimizar y mejorar su consumo energético las empresas. El enfoque de las empresas se centra en las mejoras tecnológicas a nivel operativo olvidándose del proceso estratégico.



Se desarrolla un sistema mediante la integración de actividades técnicas y de ahorro de la energía enfocado en el proceso PDCA (Plan, Do, Check, Act). Para este proyecto se seleccionó una empresa de papel en la India.

En la fase de Plan, hubo una implicación de la creación de funciones de gestión energética con apoyo de la gestión, auditoría energética, identificación de oportunidades de mejora energética y elaboración de un plan de acción. En la siguiente fase, Do, se llevaron a cabo campañas de comunicación, concienciación y motivación antes de la implantación del plan de acción. En la tercera fase, Check, las acciones llevadas a cabo consistieron en la supervisión periódica, el análisis y la presentación de informes de los indicadores clave de rendimiento energético, y la evaluación comparativa del rendimiento energético de las empresas. Y por último, en el plan de Act, se llevó a cabo un control en la mejora continua con revisiones periódicas.

Como resultado de la implantación de este sistema se obtuvo una reducción del 35% en el consumo específico de la energía en la fábrica de papel.

Artículo 3. Beihmanis, K.; Rosa, M. Energy Management System Implementation in Latvian Municipalities: From Theory to Practice, Energy Procedia, (2016), vol. 95, pp. 66-70.

En este artículo se estudia la implantación de un sistema de gestión energética basado en la ISO 50001:2011 en un municipio de Letonia. Este estudio se realizó para comprobar si incorporando este sistema a un municipio se podría implantar en el resto del país y así mejorar la eficiencia energética, haciendo menos dependiente al país de recursos energéticos fósiles.

El estudio demostró que la implantación de sistema es una verdadera solución al problema energético existente, haciendo ahorrar al municipio en la compra de energía.

Para poder desarrollar un Sistema de Gestión Energética en un municipio debe obtenerse el apoyo de los diferentes partidos políticos, involucrar a diferentes



entidades, tanto administrativas como financieras, e implicar a empleados y ciudadanos del municipio.

Gracias a la información y a los datos analizados se pudieron desarrollar convenios a través de diferentes municipios para facilitar la implantación del sistema. Más adelante se creó un proyecto ley que obligó a las 9 ciudades más grandes del país a implantar un Sistema de Gestión Energético de acuerdo con la norma ISO 50001, estimando un ahorro del 5,92% de energía en el periodo de 2014-2020.



4.CASO DE ESTUDIO

4.1.Actividad de la empresa

4.1.1 Introducción

La Fábrica T se dedica a la producción de cigarros de tabaco. Actualmente según la Real Academia Española un cigarro puede definirse como:

1. Rollos de tabaco con un envoltorio externo de tabaco natural.
2. Rollos de tabaco con una mezcla de tripa batida y con una capa exterior del color normal de un cigarro, de tabaco reconstituido que cubre el producto en su totalidad, incluyendo el filtro donde fuese apropiado pero no, en el caso de los cigarros con boquilla (tip), donde el peso por unidad sin incluir filtro o la boquilla no sea menor a 2,3 gramos y no supere los 10 gramos y cuyo perímetro sea al menos un tercio del largo y sea de no menos de 34 mm.

Sin embargo una buena definición de lo que es un cigarro requiere conocer las partes que lo componen, que son las siguientes:

a. Tripa

Ésta es la parte interior del puro que le confiere esencialmente peso, volumen y consistencia. Consiste en varios tipos de tabaco (de hoja oscura, normalmente curada al aire) que a veces puede haber recibido un tratamiento previo (p.ej: expansión), mezclado homogéneamente en proporciones adecuadas para otorgarle a cada marca sus propias características.

El relleno puede proceder de cualquier parte de la planta del tabaco. El área superior de la planta produce el sabor más fuerte mientras que la inferior suministra el tabaco con las mejores propiedades de quemado. La mayoría de los cigarros tienen un relleno de mezcla (Rellenos de diferentes hojas de la planta y de distintos orígenes) con el objetivo de conseguir tanto el gusto como las propiedades de combustión correctas.



La tripa puede ser:

- **Tripa larga** – Formado por medias hojas, colocadas paralelas las unas a las otras y en espiral de forma longitudinal.
- **Tripa corta** – Aquél que consiste en hebras de tabaco de tamaños irregulares, aproximadamente 1,5 veces el diámetro del cigarro, pero no más de 2,5 cm cuadrados.
- **Picadura** – Tabaco picado similar al empleado en la fabricación de cigarrillos y con anchuras que van desde los 0,6 a los 0,9 milímetros.

b. Capillo

Es el primer envoltorio del puro y encierra la tripa. La combinación de tripa y de capillo se conoce como tirulo. El tirulo es un producto semi-acabado de gran importancia en la producción de cigarros ya que provee a la tripa de consistencia y confiere una forma adecuada al modelo o formato (característica geométrica del puro) del cigarro que ha de ser enrollado.

El capillo está hecho de hojas de tabaco, a veces molidas y posteriormente reconstituidas para crear hojas prensadas como si se tratase de papel.

Generalmente los capillos naturales proceden de la parte inferior de la planta, donde las hojas son más gruesas y poseen una fuerza mayor. Habitualmente, estas hojas tienen poco o ningún sabor.

c. Capa

Se trata del envoltorio exterior del puro, formado a partir de un trozo de tabaco de forma apropiada para el formato que se requiere. Puede ser tanto de tabaco natural, aquellos que proceden de hojas y variedades de alta calidad, como de tabaco homogeneizado (T.H) en el caso de los puros de bajo coste (un segmento de notoriedad creciente hoy en día).

La capa contribuye de forma considerable al sabor del puro. Asimismo es la parte más importante y cara del cigarro. Típicamente cultivado bajo un toldo de gasa (a



la sombra) para evitar que la hoja crezca demasiado gruesa, el papel debe ser suave y tener muy pocas venas. La mayor parte del sabor del puro proviene del envoltorio que se emplea.

Tanto el capillo como la capa pueden ser:

- **Naturales**, es decir, hechos de hojas de tabaco
- **Tabaco homogeneizado (T.H) o Reconstituido**– Es un producto que, aunque sea de calidad menor que el tabaco natural, tiene gran importancia en la mecanización y productividad de la producción de cigarros (segmento de coste más bajo). Se constituye mediante una aglomeración de restos de hojas, venas y polvo de tabaco que no puede emplearse para ningún otro fin, sobre una base fibrosa y generalmente de celulosa siguiendo métodos similares a los de la producción de papel.

La denominación comercial “100% natural” supone que tanto la capa como el capillo son necesariamente de hojas de tabaco natural.

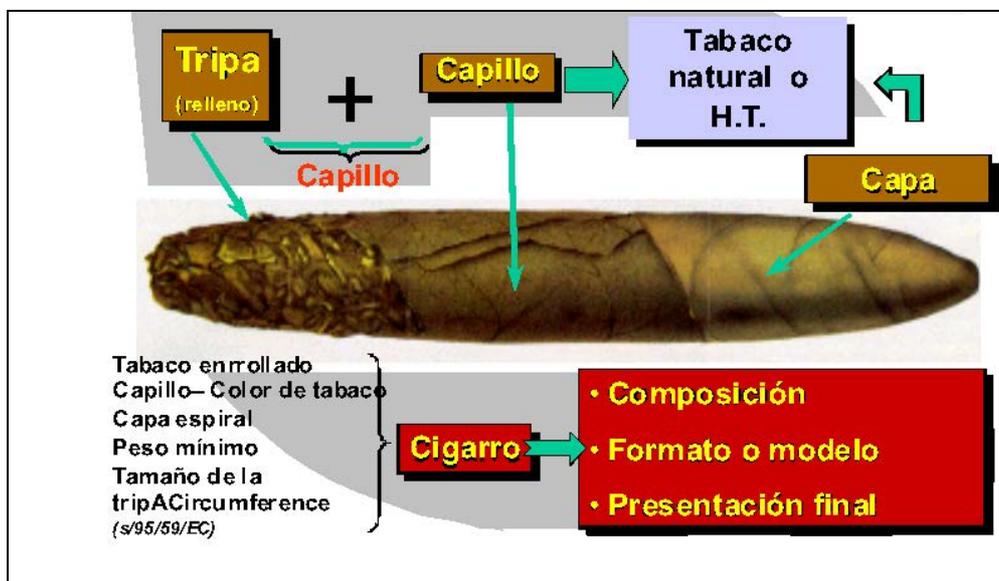


Figura 9. Componentes del cigarro. [Fuente: Fábrica T]

La composición es el grupo de tabacos que componen un cigarro, es decir, aquellos que constituyen su capillo, capa y tripa. La combinación adecuada de tabacos es esencial para conseguir las características propias de cada tipo y marca de cigarro



de modo que la composición, siempre elaborada por expertos fabricantes de tabaco, se considera información confidencial. El número de distintos tipos de tabaco que intervienen en la composición oscila entre 2-4 (puros hechos a mano) y 10-12 en algunos trabajos mecanizados.

Son múltiples los tipos de tabaco empleados en la fabricación de cigarros, a continuación se detallan cuáles son las características que se persiguen alcanzar para cada una de las partes que componen el cigarro, así como los países de donde proceden las variedades mayoritariamente empleadas durante la producción de cigarros.

Tabaco para capa y capillo

Las características de color, aroma y sabor, junto con otras propiedades relacionadas con su rendimiento en el proceso de fabricación determinan la idoneidad de un tipo de tabaco en particular para su uso como capa o capillo.

- **Capa**

Entre las variedades más extendidas de capa, se encuentran las de Cuba, Sumatra, Conn., Java, Vorstenlanden, Camerún, Nicaragua y México. Ya que se trata del envoltorio de puros de mayor importancia, las propiedades del color, suavidad y tersura tienen una influencia sobresaliente en la definición de la personalidad del puro.

- **Capillo**

Los tabacos de baja calidad de las variedades arriba mencionadas se destinan normalmente a capillo (capillo natural). Las características visuales son menos importantes ahora que en el caso del tabaco destinado a capa. No obstante, su gusto y aroma deberían estar en consonancia con el resto de los ingredientes.

En el caso de los cigarros de bajo coste, es posible utilizar tabaco homogeneizado (T.H.) tanto para la capa como para el capillo.

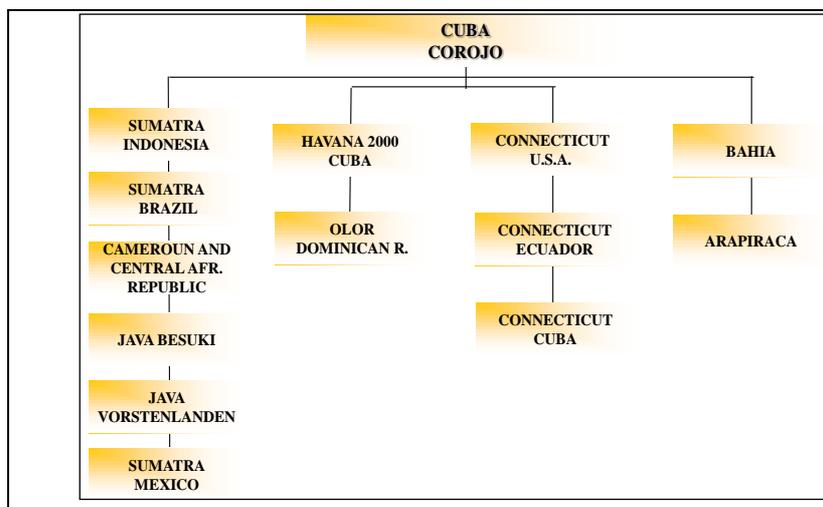


Figura 10. Variedad de tabaco empleados para capa y capillo en el mundo. [Fuente: Fábrica T]

Tabaco para tripas

La mezcla de tabacos que forman las tripas determinan esencialmente las características de cada tipo de cigarro. Se utilizan los siguientes tabacos para relleno:

- **Tabaco negro** – Variedades de Cuba, Santo Domingo, Indonesia, Filipinas y Brasil.
- **Tabaco rubio** – Virginia, Burley y Oriental.

El tabaco Virginia Se llama así por el estado de los EEUU donde fue cultivado por primera vez. También se denomina “Bright tobacco” (tabaco brillante) por su color amarillo-anaranjado que se consigue durante el proceso de curado mediante calor. Este tipo crece particularmente bien en regiones subtropicales con lluvias ligeras, como Georgia (EEUU), el sur de Brasil y Zimbawe.

Tabaco Burley Se encuentra en un nivel más ligeramente verde que el Virginia y depende de tipos de suelos más pesados y de más fertilizante. Después de ser curado al aire, el tabaco se vuelve marrón y virtualmente sin azúcar, dándole casi un gusto semejante al del cigarro puro. El mejor Burley se cultiva en los EEUU, América



Central, Malawi y en Uganda. Se mezcla con tabaco Virginia y Oriental, lo cual conforma el denominado “American Blend”.

Tabaco Oriental Es el tipo más pequeño y más fuerte que se cultiva en el tórrido verano de los Balcanes, Turquía y en Oriente Medio. Estas condiciones junto con una densidad de plantación elevada, crean un gusto aromático resaltado por el curado al sol como en el caso de los cigarrillos turcos tradicionales.

En el proceso de fabricación tanto de cigarrillos como de puros, no sólo se debe tener en cuenta el origen del tabaco sino también algunas propiedades del tabaco que son de especial interés, tanto por su influencia en la ejecución técnica (y coste) de los procesos como por el efecto sobre las sensaciones percibidas por los fumadores. A continuación se analizan algunas de éstas de forma breve:

Higroscopicidad

El tabaco, al igual que cualquier otro tipo de materiales tales como: ciertos tipos de tejidos y sales, sustancias porosas o nuestro cabello, es un material higroscópico, es decir, dependiendo de las condiciones de humedad medioambiental en las que se deposite, puede intercambiar (ganar o perder) agua. Para cada tipo de tabaco existen ciertas condiciones medioambientales en las cuales el tabaco se halla en equilibrio higroscópico sin intercambiar agua.

Dada las implicaciones técnicas de gran importancia para las operaciones, equipamiento, salas de acondicionamiento, conservación final, etc... existe dicha propiedad y es posible que la gestión de la humedad constituya una de las actividades esenciales de los procesos de fabricación de cigarrillos.

Se destacan las siguientes circunstancias significativas vinculadas al rendimiento higroscópico del tabaco, el cual difiere según los tipos y variedades:

1. Cada proceso de fabricación se debe llevar a cabo en condiciones adecuadas de humedad ambiental. Por esa razón, es necesario



acondicionar el aire en los talleres de fabricación. La humedad relativa del aire dependerá del contenido de agua del tabaco para cualquier proceso en particular. En términos generales, oscilará entre el 60% y el 90%. Las temperaturas recomendadas oscilan entre los 20 y los 24°C.

2. Cualquier variación en la humedad del tabaco requiere tiempo para habilitar homogeneidad en la distribución del agua. De no ser así, las modificaciones quedan restringidas a la superficie.
3. Cuando el tabaco sigue varios ciclos de humidificación y secado, si son muy intensos, el tabaco pierde gradualmente su capacidad de absorción de agua.
4. La temperatura ejerce una influencia muy marcada en la velocidad de los fenómenos de humidificación y de secado del tabaco. Esta velocidad aumenta aproximadamente un 5% para cada grado de temperatura.
5. La absorción de agua está acompañada de liberación de calor que ha de tenerse en cuenta con el objetivo de evitar fermentaciones descontroladas.
6. El tabaco húmedo arde peor, como es lógico, que el tabaco seco y además muestra una resistencia mayor al aspirar. Estos efectos hacen que los puros húmedos, igualmente, tengan un sabor más fuerte para los fumadores como consecuencia de una liberación de nicotina mayor durante la combustión.
7. La humedad del tabaco más adecuada para favorecer las cualidades del sabor para un fumador está en el equilibrio higroscópico en un ambiente con una humedad relativa del 70%
8. Para terminar, es aconsejable reseñar la facilidad que tiene el tabaco para absorber aromas, algo que ha de ser tomado en cuenta tanto para el proceso de fabricación como para la conservación.



Elasticidad

Se mide con el estiramiento hasta la rotura (porcentaje de la longitud inicial), es una propiedad (fuertemente influida por la humedad con la que está relacionada directamente) de gran importancia práctica en la fabricación de puros, especialmente en relación a los procesos de envoltura en la capa y capillo que en algunas variedades de alta elasticidad alcanzan hasta un alargamiento del 14%.

Resistencia

Similar a la elasticidad, la resistencia del tabaco es una propiedad industrial de gran interés, asimismo directamente relacionada e influida por la humedad, especialmente para los procesos de colocación de la capa y del capillo en el tabaco. Algunos de ellos, como el tabaco Sumatra posee ambas propiedades, siendo muy resistente y también muy elástico.

Relaciones dimensionales

En el caso del tabaco de capa y capillo, la proporción de largo y anchura (la cual interesa que sea lo menor posible, oscila entre 1,5 – 2,0) ejerce una gran influencia en rendimiento del tabaco. La forma ovalada de la hoja para la capa y el capillo de Cuba, de Java y de Sumatra es especialmente ventajosa para el uso industrial.

Estructura e integridad de la hoja

La distribución y el espesor de los tallos de la hoja del tabaco son de gran importancia para el rendimiento económico de los tabacos para la tripa, la capa y para el capillo. La relación del peso entre lámina y tallo está en una proporción de aproximadamente 70-30%.

De la misma manera es necesaria una integridad óptima para los tabacos de la capa (ausencia de agujeros, grietas, etc.)



Pureza

Un contenido excesivo de arena o de polvo en la superficie de la hoja no es deseable para el tratamiento industrial porque puede causar daños en elementos mecánicos de las líneas de producción y puede tener efectos negativos en el sabor.

Capacidad del relleno

Una propiedad de gran interés industrial es la determinación de la capacidad de fabricar cigarros mineralizados o menos cigarros de un formato especial con una cantidad de tabaco determinada. La capacidad del relleno (medida por la densidad aparente en gramos/litro) depende tanto de las características del tabaco (elasticidad, peso de la superficie) como de otras características propias del mismo proceso de fabricación: humedad, temperatura, el tamaño del tabaco trillado (distribución por el tamaño del grano), la presión del corte o el desarrollo del proceso del secado.

4.1.2 Origen y obtención del tabaco

El tabaco que llega a la Fábrica T y que es empleado para la obtención de cigarros, procede de distintos puntos del planeta. La forma de llegada es como fardos o pacas de 45 kg aproximadamente y dependiendo del país llega de una forma u otra. La manera más común de enviar los fardos de hojas de tabaco es envuelto en tela arpillera. Las hojas de tabaco llegan totalmente secas y comprimidas para optimizar el transporte.



Figura 11. Fardo o paca de tabaco en fábrica. [Fuente: Elaboración propia]

Antes de explicar el proceso productivos de cigarrillos y puros a partir del tabaco comprado en forma de fardos o pacas, se va a proceder a explicar brevemente cual es su origen, así como el cultivo y el procesamiento llevado a cabo por el suministrador de tabaco antes de llegar finalmente a la Fábrica T.

Se entiende que el tabaco es una planta autóctona de América que ha estado siempre relacionada con las prácticas mágicas, religiosas y medicinales de los Indios Maya en el oeste de Honduras.

Durante los siglos XVII y XVIII cuando el tabaco empieza a circular entre el Nuevo y el Viejo Continente y cuando el tabaco de Honduras empieza a ganar prestigio como uno de los mejores del mundo, muchos comerciantes comienzan a exportar el tabaco de Honduras a España y a otros países de Europa.



Figura 12. Plantación de tabaco. [Fuente: Fábrica T]



4.1.2.1 Fases del cultivo y procesado del tabaco

En el siguiente apartado se describe cómo se lleva a cabo el proceso de plantación y cultivo de la planta de tabaco, así como su recolección y curado hasta la obtención de los fardos recepcionados por la Fábrica T. Este largo proceso sigue una serie de etapas:

Cultivo

El cultivo del tabaco es una tarea delicada y laboriosa que requiere mucha experiencia y trabajo duro en condiciones hostiles como altas temperaturas y mucha humedad. Además requiere un cuidado muy específico y exigente (riego, deshije, capado, fertilización, etc.) Pero estas condiciones no impiden al agricultor cultivar sus cosechas con un conocimiento detallado del producto final que en muchos casos está en manos de una larga tradición familiar.

El agricultor sabe por intuición como explicar científicamente de qué manera hay que incrementar o disminuir la fortaleza o la suavidad del tabaco. Su mano derecha sabe como si fuera guiada por instinto que el deshije realizado a tiempo producirá hojas con más peso y con más fortaleza, y también sabe que el proceso del capado en el momento apropiado pone un límite al crecimiento de la planta para que las hojas restantes lleguen a tener una fortaleza y una dulzura muy especial.

Dónde probablemente los agricultores inviertan la mayor parte de sus horas de trabajo es en el cuidado del cultivo y en la exterminación de insectos y plagas que atacan a las plantas.

El semillero

Durante los meses de noviembre y diciembre los cultivadores empiezan a preparar tanto la tierra como también los viveros eligiendo para ello una tierra suelta con un buen drenaje preferentemente cerca de un manantial.

Como las raíces de la planta del tabaco son muy delicadas es necesario que la tierra esté suelta y por lo tanto el cultivador tiene que realizar buenos preparativos para



que el suelo obtenga esta soltura y que de esa manera cualquier vegetación pueda convertirse en un fertilizante natural.

Para hacer un semillero primero se preparan las orillas y se aplican productos para prevenir el crecimiento de malezas, patógenos y plantas parásito y en diciembre se procede a distribuir las semillas. Como son diminutas las semillas del tabaco se mezclan con arena, agua o con ceniza para que de esa manera se marque en las orillas la expansión de las semillas. Si las semillas son buenas el 95% de ellas germina. Las semillas deben ser regadas dos veces al día, después los semilleros se cubren con paja o con serrín y a continuación con una manta especial para protegerlos de la radiación directa del sol, del viento y de la pérdida excesiva de humedad.

Después de 40 días de riego las plantas del semillero tienen una altura de 15 a 20 cm y están listas para ser trasplantadas a los campos. Primero se plantan las más grandes y las más fuertes, después siguen las demás en cuanto hayan crecido suficientemente, sin embargo siempre hay que procurar hacerlo de manera uniforme ya que es muy importante que cada plantación se pueda manejar como una unidad. Es vital regar bien para que el suelo esté blando y que no se produzca ningún daño al arrancar la planta. Las plantas del semillero son transportadas a los campos en cajas de transporte. Existen algunas fincas un poco más avanzadas tecnológicamente donde los semilleros se preparan en viveros de plástico en los que las semillas se expanden en bandejas especiales de plástico con un método especial de cultivo para que las plantas crezcan más sanas, más fuertes y para que estén más resistentes en el momento de su trasplantación.

Plantación y cultivo

El proceso de la plantación se divide en diferentes fases y empieza en enero. Las plantas del semillero se plantan con una distancia de 1,10 m entre los surcos y de 30 cm entre cada una de las plantas. En los siguientes 45 o 50 días las plantas llegan a su pleno desarrollo, pero mientras tanto hay que realizar varias tareas muy importantes para el cultivo del tabaco: dos veces hay que desmalezar y dos



veces hay que hacer caballones (montículos de tierra) para ayudar al crecimiento de la planta.



Figura 13. Plantación de tabaco. [Fuente: Fábrica T]

Se realiza un seguimiento constante para detectar la presencia de plagas y enfermedades para tener un control adecuado de las plantaciones. El problema principal del cultivo de tabaco es una enfermedad llamada Blue Mold que causa considerables daños a las plantaciones. Después de 40 a 45 días se procede al capado de las plantas, un proceso que consiste en quitar la flor de la planta para obtener un mejor crecimiento de las hojas y para conseguir su grosor deseado. De todos modos siempre se dejan algunas plantas grandes y fuertes con sus flores para obtener buenas semillas.

Las plantas de tabaco para la capa se plantan en campos cubiertos. Este tipo de campo es estándar y se cubre con una tela fina semi-transparente que está a una altura de 3 metros por encima del suelo para que la planta del tabaco pueda crecer en su sombra y para evitar de esta forma que las hojas lleguen a ser demasiado ásperas y gordas o para que obtengan un color desigual por los efectos del sol.



La cosecha

La cosecha empieza después de unos 55 días desde la trasplantación de las plantas del semillero. Se va cortando hoja por hoja a mano, un trabajo duro, lento y delicado. Desde que la planta va creciendo desde abajo hasta arriba las hojas se van separando por cortes o por el “priming” porque su composición química y por lo tanto sus calidades organolépticas que están en su punta pueden variar según la altura a la que crecen.

En cada priming se cortan 2 o 3 hojas, y esto se hace habitualmente cada 4 días más bien dependiendo de la madurez de la hoja que de unas fechas concretas. La hoja empieza a tener un color verde claro y se pone en horizontal (se posa), los bordes se curvan, la veta central se vuelve de color amarillo y el punto más importante es que se suelta fácilmente y sin resistencia en el momento de ser cortada. Normalmente se realizan de 5 a 6 primings en las plantas de tabaco de Habana. En cuanto se hayan recogido las hojas se llevan a los barracones de tabaco. La variante Criolla que se utiliza para el tabaco de la tripa y del capillo ofrece tres tipos de hojas que se usan para la fabricación de un cigarro. El tabaco seco proviene del pie o de la base de la planta. Se caracteriza por tener una buena inflamabilidad, poca resina, niveles bajos de nicotina, un aroma suave y poca intensidad.

El tabaco “viso” viene de la parte central de la planta (centro bajo y centro alto) y se caracteriza por un contenido de nicotina y de resina más alto, por más intensidad y menos inflamabilidad que el “seco” y además sus hojas son las que más aroma tienen de la planta. De esta parte de la planta se obtiene normalmente el tabaco del capillo, que se selecciona de las hojas de mayor calidad. El tabaco “ligero” viene de la parte superior (la corona) y se caracteriza por tener los niveles más altos de nicotina y de resina y por tener más intensidad que cualquier otra parte de la planta, pero sus hojas tienen la menor inflamabilidad de toda la planta.



Figura 14. Plantación de tabaco. [Fuente: Fábrica T]

El curado en los barracones

Todas las hojas del tabaco recientemente cosechadas tienen que someterse a un proceso de curado natural antes de que puedan ser utilizadas para la fabricación del cigarro o incluso ser fumados. Durante este proceso de preparación se produce una serie de transformaciones químicas en las hojas que cambiarán sus propiedades químicas y físicas y a su vez las propiedades organolépticas. El proceso empieza en los barracones del tabaco que son construcciones de madera con techos altos donde se realiza el proceso del secado y del curado que por lo general tarda un mes dependiendo del clima y de las condiciones de los barracones.

Las hojas del tabaco recientemente cortadas se llevan a los barracones donde se realiza el proceso del “cujeado”. Este proceso consiste en juntar las hojas para que se sequen en grupos de dos hojas a cada lado de un palo de madera. Los “cujes” se cuelgan en los barracones y se mueven gradualmente hacia el techo a medida que avanza el proceso del secado. Este es un proceso natural de deshidratación de hojas que proporciona a las hojas un color dorado-rojizo característico para la primera parte del proceso del curado. Este proceso tarda unos 30 a 40 días para ser concluido y en su transcurso las hojas pueden perder hasta el 85% de su contenido de agua. Después de este proceso las hojas de tabaco se colocan en fardos y se mandan a la fábrica donde serán fermentadas, desmontadas y clasificadas.



Todo el tabaco de Habana se cura y se seca de forma natural. Existen otros sistemas que utilizan un calentamiento más rápido u otras maneras de curado y secado del tabaco pero en Honduras todo este proceso se realiza de un modo natural lo que hace que el tabaco gane en calidad. El secado natural es un proceso largo que requiere una atención constante para asegurar que la temperatura y la humedad en los barracones estén controladas. Si hay poca humedad es necesario salpicar el suelo y las paredes dentro de los barracones con agua para elevar el nivel de humedad, y si es demasiado alto es necesario encender fuegos para eliminar el exceso.

El proceso de fermentación

Una vez que las hojas estén curadas se sueltan de cada “cuje” y se atan en una paca que se llama “gavilla” (sheaf), que se compone de 30 hojas cada una y se llevan al área de fermentación. Se exige a los cultivadores que suministren el tabaco con un nivel de humedad del 15% al 18%. Las “gavillas” se colocan en pilas de 1,5 metros de altura. La humedad que las hojas contienen todavía es suficiente para desencadenar el primer paso del proceso de fermentación que puede durar entre 30 y 60 días. Este proceso reduce el contenido de resina en las hojas que además llegan a tener un color más uniforme antes de que sean mojadas de nuevo para una fermentación más intensiva. Durante la fermentación la temperatura tiene que estar controlada y cuando llega a entre 110 y 120°F (entre 43,3 y 48,8°C) se da la vuelta a la pila, las hojas se airean y las hojas interiores se mueven hacia fuera y las de abajo hacia arriba antes de ser apiladas de nuevo.

Una vez que el tabaco haya perdido la humedad después de venir de los campos se efectúa un proceso humectante para impulsar una fermentación más intensiva que se produce por la actuación de una bacteria específica y por la descomposición de ciertos azúcares y carbohidratos en la planta. La humedad del tabaco junto con la presión causada por el peso de las hojas en las pilas dispara el proceso de la segunda fermentación que puede durar hasta 90 días. Para supervisar este proceso se introducen termómetros en las pilas y la temperatura se controla a diario para que no se excedan los valores estipulados para cada tipo de tabaco, aunque



dependiendo del tipo de tabaco las temperaturas pueden alcanzar hasta los 110 a 120°F (43,3° C a 48,8°C) como se ha mencionado anteriormente.

Esta fermentación consiste en incrementar la temperatura en 2 a 3°F cada día. Cuanto más lentamente se aumente la temperatura mejor calidad tiene luego la fermentación. Esto requiere que el tabaco llegue a una temperatura entre 110 y 120°F según el corte o la calidad de las hojas. En cada cambio de temperatura hay que dar la vuelta a las pilas de hojas para airear las hojas y para bajar la temperatura. Este procedimiento se debe llevar a cabo continuamente cada vez que la temperatura de cada pila se incrementa hasta llegar al punto de curación exigido. Este proceso se repite varias veces y se cambia la colocación de las hojas en las pilas de arriba hacia abajo o al centro. Durante este proceso el tabaco se somete a una transformación química que redefine su aroma y su sabor, pero básicamente elimina amoníaco y otras impurezas que contiene el tabaco.

Se entiende que cada corte y cada calidad de tabaco exigen diferentes temperaturas de curación debido a la textura y al cuerpo de las hojas. Una vez que el proceso de fermentación esté concluido y las pilas tengan una temperatura de 2 a 3 grados por encima de la temperatura del ambiente el tabaco puede reposar un tiempo y después se acondiciona para mandarlo a los procesos de desmontaje y de selección.

Desmontaje y selección

El proceso de selección se lleva a cabo cuando el tabaco parece ser de buena calidad y se considera que se puede obtener una cosecha de gama alta. Se clasifica para encontrar su calificación que incluye: capillos, tripas y botes (tripas cortas). A veces la selección puede incluso acelerar la fermentación y por lo tanto llegar más rápido al proceso de desmontaje. El desmontaje o desvetado de las hojas consiste en quitar 40 a 50% de la veta central de cada hoja y clasificarlo en tripas “secas”, “visas” o “ligeras”. Esta tripa forma, junto con el capillo, la parte interior del cigarro.



En esta fase del proceso las hojas son clasificadas en diferentes clases y gamas. Para facilitar el manejo las hojas se someten a un proceso humectante llamado “remojado”. A continuación se quitan las vetas centrales, la mitad si se utiliza para las tripas porque tienen que mantener algo de consistencia y tres cuartas partes si es para los capillos y se clasifican por color, textura y tipo de hoja y clase (dependiendo de su condición, el grado de su rotura y se toma en consideración su tamaño para obtener tripas o capillos. Después del desmontaje hay que secar el tabaco para que consiga el grado exigido de 14% de humedad y después las hojas son empaquetadas en pacas de aproximadamente 100 libras de peso neto (aprox. 45 kg.) para llegar a ser un producto terminado en la fase pre-industrial. Esta materia prima ahora está lista para ser utilizada en la fabricación del cigarro. Se recomienda que el tabaco en las pacas madure como mínimo unos seis meses antes de su utilización.

4.1.2.2 Reconstrucción de las hojas de tabaco

A continuación se siguen analizando otras materias primas utilizadas en la Fábrica T. Ahora es turno de comentar el proceso de obtención de la capa de tabaco reconstruido con hojas de tabaco natural, que es empleado para la fabricación de cigarros. Este material se fábrica en otras instalaciones del grupo pero aun así es importante comentar su elaboración.

Comentarios generales

La hoja de tabaco reconstituida es un material similar al papel y utilizado en la fabricación de cigarros, bien como relleno o como papel envolvente para liarlos. Cuando se usa para liar cigarros, se crean dos tipos de hojas para sustituir a la hoja de tabaco: el capote y la capa. El capote de tabaco reconstituido, usado para agrupar el relleno del cigarro, es grueso y fuerte. La capa de tabaco reconstituido se fabrica de modo que quede fresca, fina y con mejor apariencia, y se coloca en el exterior del cigarro.

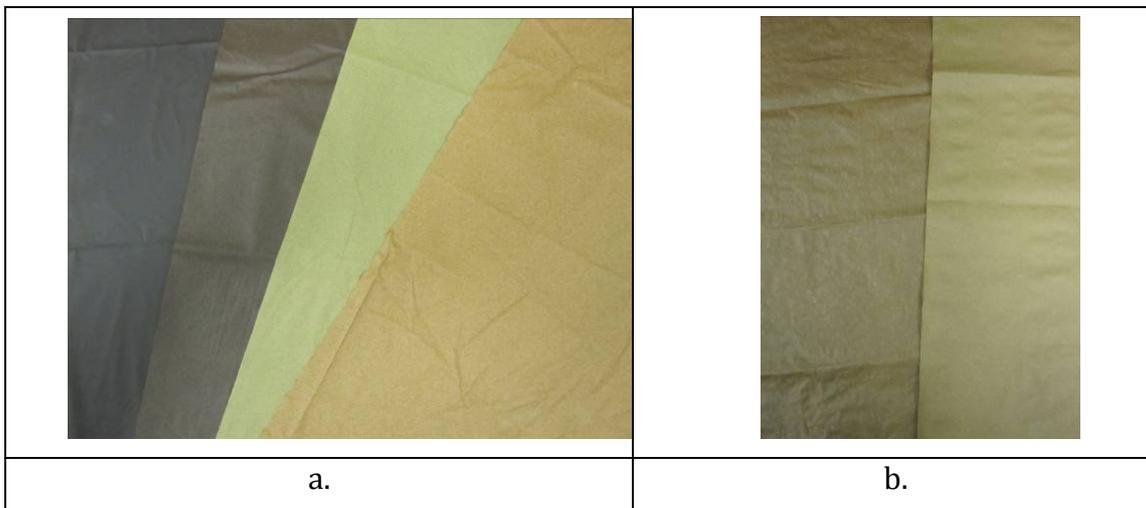


Figura 15.a. Capas de diferentes colores; b. Tipos de capotes. [Fuente: Fábrica T]

Mediante la selección del tipo de tabaco y el agente colorante, se puede hacer que la capa artificial parezca tabaco natural de diferentes tipos y curaciones. Además, el tipo de tabaco usado en la capa y el capote cambia el sabor del cigarro al ser fumado.

La hoja de tabaco reconstituido, que está hecha principalmente de tabaco, fue inventada para proporcionar: una alternativa rentable a las capas y capotes de hoja natural; capas y capotes homogéneos que facilitaran la fabricación mecanizada de cigarrillos; y una manera de reutilizar los restos del procesado del tabaco y la fabricación de los cigarrillos. Hay dos métodos de elaboración de hojas de tabaco reconstituido: el Proceso de Fabricación de Papel y el Proceso de Pasta de Tabaco Vertida.

En general, las hojas de tabaco reconstituido se hacen con tabaco triturado, pasta de celulosa (madera) y otros materiales para darles la fuerza y apariencia necesarias. Un cuidadoso control del proceso de fabricación permite producir hojas con una calidad elevada y homogénea. Estos ingredientes se añaden al agua para hacer una espesa pasta de tabaco que será vertida en una cinta de acero inoxidable pulido, secada, retirada de la cinta y enrollada en una bobina maestra.

Los tallos del tabaco, restos de hojas y hojas de tabaco reconstituido recicladas son triturados, secados y molidos hasta ser reducidos a polvo (Figura 16). En una parte



separada del proceso, las hojas de pasta de celulosa son trituradas y refinadas con agua (Figura 17). El proceso de refinado abre las fibras de la celulosa y permite crear un papel más fuerte.



Figura 16. Secadora de tabaco. [Fuente: Fábrica T]

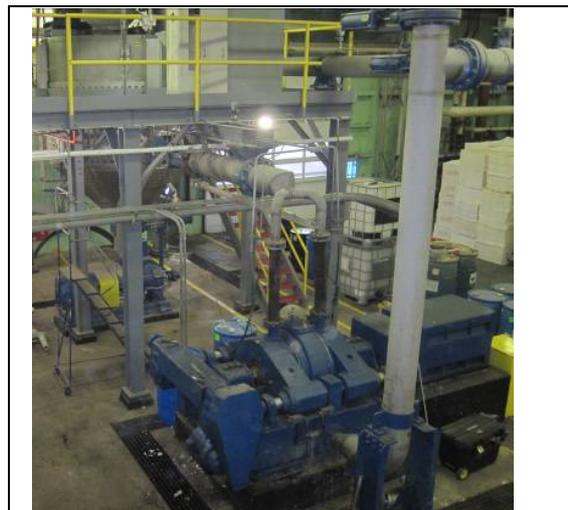


Figura 17. Refinadora de pasta. [Fuente: Fábrica T]

A continuación, se mezcla la pasta de celulosa refinada con gomas y otros materiales, hasta lograr un fluido líquido y viscoso llamado tejido base, usando un mezclador con alta capacidad de corte (Figura 18). La pasta de celulosa y las gomas estructuran y aportan consistencia a las hojas de tabaco reconstituidas.



Figura 18. Tanque de mezcla de tejido. [Fuente: Fábrica T]



Figura 19. Mezcla de agua de tabaco. [Fuente: Fábrica T]

En otro tanque, el tabaco en polvo mencionado anteriormente se mezcla con agua para hacer el agua de tabaco. El agua de tabaco y el tejido base son continuamente mezclados y medidos en un tanque (Figura 19) hasta lograr una pasta en la que la mayor parte de los sólidos que la forman son tabaco.

La pasta se extiende en una cinta de acero inoxidable que la hace pasar por la secadora (Figura 20). En ella, se aplica vapor bajo la cinta y se proyecta aire muy caliente sobre el papel para eliminar el agua y solidificar la hoja. A medida que ésta sale, se le aplica vapor por encima para garantizar que contiene un nivel controlado de humedad. A continuación, el producto se enrolla en bobinas maestras. Estas bobinas maestras son cortadas en bobinas más pequeñas, que son paletizadas, retractiladas y enviadas a la fábrica para la producción en masa de cigarros.



Figura 20. Cinta de secado. [Fuente: Fábrica T]



Figura 21. Bobina maestra. [Fuente: Fábrica T]

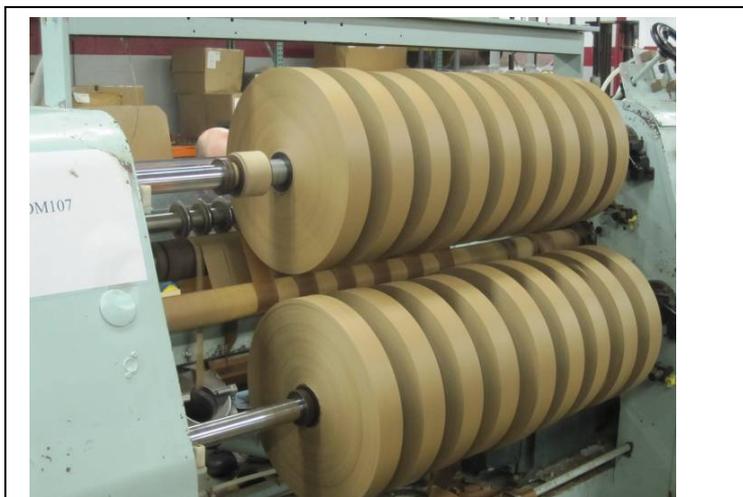


Figura 22. Bobina. [Fuente: Fábrica T]

4.1.3 Elaboración del cigarro

Una vez explicados todas las materias primas y sus orígenes, vamos a explicar el proceso de elaboración de un cigarro. Un cigarro puede elaborarse de forma 100% manual o con proceso automatizado. En la fábrica T La elaboración es totalmente automatizada, salvo ocasionalmente, cuando viene algún importante cliente que se realizan exhibiciones de elaboración manual.

4.1.3.1 Elaboración manual

Dentro del proceso de manufacturado de los cigarros, la fabricación totalmente manual de cigarros de alta calidad (premium) merece ser estudiada individualmente por su condición de artesanía pura.

Para hacer un cigarro a mano, se necesitan tres tipos de hoja de tabaco:

- Hojas de tabaco pequeñas o rotas, que se usarán en el relleno o tripas del cigarro.
- Hojas enteras que se usarán en el envoltorio interno, llamado capote, del cigarro.
- Una hoja grande y de textura fina, que se usará en el envoltorio exterior, o capa, del cigarro.



La fabricación del cigarro requiere también otras materias primas secundarias como la goma sin sabor que se utiliza para fijar el extremo de la capa.

El proceso de fabricación manual de cigarrillos consta de las siguientes fases:

- **Clasificación**

Se obtienen las mejores capas, capotes y rellenos. Se clasifican y procesan en función de su color, consistencia, textura, elasticidad y tamaño.

La humedad del área se mantiene al 70% y las capas deben mantener una humedad mínima del 22-26%.

Algunos de estos tabacos pueden someterse a tres o cuatro años de preparación antes de llegar a formar parte de un cigarro.

- **Mezclado**

Una vez que el tabaco se ha procesado, se prepara una liga para cada liadora. Una liga es una combinación específica de hojas que se usa para hacer una marca concreta de cigarrillos. Cada liga o mezcla tienen un sabor único en función de la mezcla de tabacos utilizados. Todos los torcedores deben usar la misma mezcla para garantizar que todos los cigarrillos de una mezcla tendrán el mismo sabor.

- **Elaboración del tirulo**

Cuando la mezcla está lista, se saca la cantidad precisa de mezcla necesaria de la caja de liga o mezcla. Las hojas de la tripa o relleno se ponen de una en una sobre el capote según el porcentaje establecido para la mezcla y más tarde se enrollan formando un tubo llamado tirulo, formado por la tripa envuelta en el capote. Esto se hace con gran cuidado para asegurarse de que las hojas quedan uniformes y rectas. El torcedor aplica una pasta al extremo del capote para que no se desenvuelva solo. Inmediatamente después, se corta la cabeza del cigarro.



Figura 23.a. Relleno del tirulo con tripa. b. Colocación del capote. [Fuente: Fábrica T]

Cuando la mezcla está lista, se le da forma de cilindro basto llamado "tirulo". Se hace con gran cuidado para asegurarse de que las hojas quedan uniformes y rectas. Esto garantiza que, al finalizar su creación, el cigarro no tendrá zonas duras ni blandas, lo que evitaría que el cigarro tirara correctamente, o bien lo haría arder demasiado rápido y a una temperatura excesiva. El método más utilizado en la actualidad se llama "tripa de libro español". Si se hace un corte profundo a un cigarro con una cuchilla extremadamente afilada, se ven las capas de tabaco expuestas como las páginas de un libro. De ahí el término "tripa de libro".

- **Cierre del capote**

Una vez que el tirulo está preparado, se envuelve en una capa gruesa de tabaco llamada "capote". El capote proporciona al cigarro su estructura, su forma y la capacidad de retener la humedad de su contenido. El tirulo así formado se coloca en un molde de madera resistente donde se le da su particular forma y se cortan los dos extremos del futuro cigarro.

- **Moldeado**

En este momento, el molde contiene aproximadamente 10 cigarros sin terminar y se mete en una prensa de tornillo sin fin junto a otros moldes, donde recibirá una presión de 6,33 kg/cm durante 30 minutos. De ese modo el cigarro se "moldea" para que obtenga la forma deseada. El molde



está formado por dos piezas, superior e inferior. Debido a que su diámetro es menor del que tendrá el futuro cigarro para lograr un efecto de compresión, se formará un pliegue en la unión de las dos partes del molde. Pasados los primeros 30 minutos de prensado, se libera la prensa, se abren los moldes y se giran los cigarros.



Figura 24. Prensa de tabaco. [Fuente: Fábrica T]

Tras el segundo prensado, los moldes se envían a la estación de inspección de succión, donde se dejan con los torcedores.

Todos los tirulos pasan por la prueba de tiro para ser aceptados o descartados.

- **Torcido**

Una vez que los cigarros han sido prensados y girados, están listos para las hábiles manos de los torcedores.

Los tirulos son entregados a los torcedores en sus moldes de plástico. El torcedor coloca una capa (pieza de tabaco de buena calidad y presencia que formará el exterior del cigarro) sobre su tablero.





Figura 25. Recorte de la capa. [Fuente: Fábrica T]

Con su cuchilla, llamada chaveta, el torcedor hace un corte en la capa (Figura 26) y comienza a enrollarla con firmeza sobre el tirulo, para asegurarse de que la capa queda tirante sobre éste. El torcedor aplica una pasta al final de la capa que la fijará en el extremo (cabeza) del cigarro.



Figura 26. Capa recortada. [Fuente: Fábrica T]

Inmediatamente después, comienza a terminar la cabeza del cigarro que debe quedar completamente redonda. Una vez completado este paso, el torcedor coloca el cigarro en la guillotina para dejar el cigarro en la longitud establecida.



Figura 27. Colocación de la capa. [Fuente: Fábrica T]



4.1.3.2 Elaboración automatizada

Aunque la elaboración totalmente manual se lleva a cabo en la Fábrica T, ésta se realiza en muy pocas ocasiones, siendo la elaboración automatizada la que permite obtener prácticamente el 100% del producto vendido.

Generalmente, los cigarrillos fabricados con máquinas se producen con relleno corto de tabaco triturado (restos), cuya capa admite las siguientes combinaciones:

Tabla 1. Combinaciones de capa y capote.

Combinación	Capote	Capa
1	Natural	Natural
2	Tabaco reconstituido	Natural
3	Sin capote	Natural
4	Sin capote	Tabaco reconstituido
5	Tabaco reconstituido	Tabaco reconstituido

En los cigarrillos fabricados a máquina, el torcido se hace siempre automáticamente, aunque el tirulo puede ser hecho en máquinas independientes de la que coloca la capa.

Aunque son menos habituales, también se fabrican cigarrillos a máquina con tripas de hojas enteras.

Tabla 2. Combinación de composición y elaboración.

TIPO DE CIGARRO	COMPOSICIÓN			PROCESO DE FABRICACIÓN	
	Capa	Capote	Tripa	Tirulo	Torcido
100% hecho a mano	Natural	Natural	Larga	Hecho a mano	Hecho a mano
Hecho a mano	Natural	Natural	Larga	Hecho a máquina	Hecho a mano
Hecho a máquina	Natural o T.R.	Natural o T.R.	Corta o larga	Hecho a máquina	Hecho a máquina



Dadas las operaciones en las que intervienen las capas y los capotes durante el proceso de fabricación de los cigarros, su función esencial (aparte de su influencia en el aroma y el sabor), es proporcionar al cigarro una presentación adecuada, y debido a su coste elevado (varias veces superior al de la tripa), el proceso de preparación de la capa y el capillo adquiere una importancia fundamental y se constituye en uno de los aspectos más característicos de la fabricación de cigarros.

La búsqueda de incremento de la productividad mediante el liado automático del cigarro ha llevado a la extensión del proceso de bobinado, cuyo objetivo es la fabricación de un producto semiterminado (bobina de cortes) sobre bobinas de poliéster, en las que se depositan los cortes de capa y capillo adecuados al formato del cigarro.

Estas bobinas se consumen posteriormente en máquinas liadoras automáticas equipadas con dispositivos de desenrollado. Puesto que el proceso de enrollado es intenso en mano de obra, existe una tendencia generalizada entre los fabricantes de cigarros a concentrar la producción de bobinas en países con bajos costes laborales (Indonesia, Sri Lanka, Filipinas, Santo Domingo, etc). La combinación de enrollar bobinas en países con bajos costes laborales con la extensión del liado automático ha sido uno de los factores clave en el aumento de la productividad y la reducción de los costes de fabricación de cigarros en los últimos años.

Debido al elevado coste de los tabacos caperos resulta esencial la optimización de su uso, que vendrá favorecido, por una parte, por la destreza manual del personal asignado a la fabricación de bobinas, y por otra la selección adecuada de los tamaños del tabaco en relación con cada formato. Puesto que este proceso requiere la utilización de un material de soporte (las propias bobinas), una adecuada gestión de éstas (almacenamiento, limpieza, secado, transporte, etc.) se convierte en un elemento esencial para obtener una mejor eficiencia global en su ciclo de utilización.

Por su parte, el tabaco homogeneizado en bobinas, antes de su utilización, requiere nuevo acondicionamiento, aparte del que se deriva de su conservación bajo



condiciones adecuadas de humedad para asegurar un comportamiento adecuado en el proceso de liado.

Los aspectos fundamentales que determinan la fabricación de cigarros son:

- La composición de las ligas de tabaco.
- La presentación final, que resulta de la asociación de los cigarros con su empaquetado (cajas, etc.) y otros elementos complementarios (envolventes, etc.) establecidos en la definición comercial de la marca.
- El formato (modelo), es el nombre dado a la forma y dimensiones externas de un cigarro, que afectan de manera definitiva a las propiedades del cigarro (aroma, sabor), puesto que éstas dependen del flujo interno de humo a través del cuerpo del cigarro y hasta la boca del fumador. Desde el punto de vista de la fabricación, la importancia del formato es extrema, puesto que mediante piezas específicas para cada tipo de cigarro (llamadas troqueles de formato) afecta a la fabricación del cigarro, especialmente en los procesos de liado y empaquetado.

Las fases básicas de la fabricación automática de cigarros y sus objetivos funcionales esenciales se esquematizan en la Tabla 3:

Tabla 3. Resumen de proceso productivo de un cigarro.

FASE	OBJETIVOS FUNCIONALES	ÁREA
Recepción de tabacos y materiales auxiliares	<ul style="list-style-type: none">• Garantizar la correcta adecuación (cumplimiento de especificaciones) de los materiales que se incorporan al proceso.	
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none">• Garantizar que los materiales requeridos se incorporan en cantidades y fechas de acuerdo con las necesidades del propio proceso.• Garantizar la conservación de los materiales durante el tiempo necesario.	<ul style="list-style-type: none">• Almacén



<p>Proceso primario</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación y acondicionamiento de la tripa. • Fabricación y acondicionamiento de la tripa expandida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Primario (PPR)
<p>Fabricación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación de tirulos. • Fabricación de cigarros. • Corte del cigarro. • Empaquetado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiruleras • Liadoras • Cortadoras • Empaquetado
<p>Acondicionamiento final</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamientos para facilitar la conservación. • Preparación para envío y distribución. 	

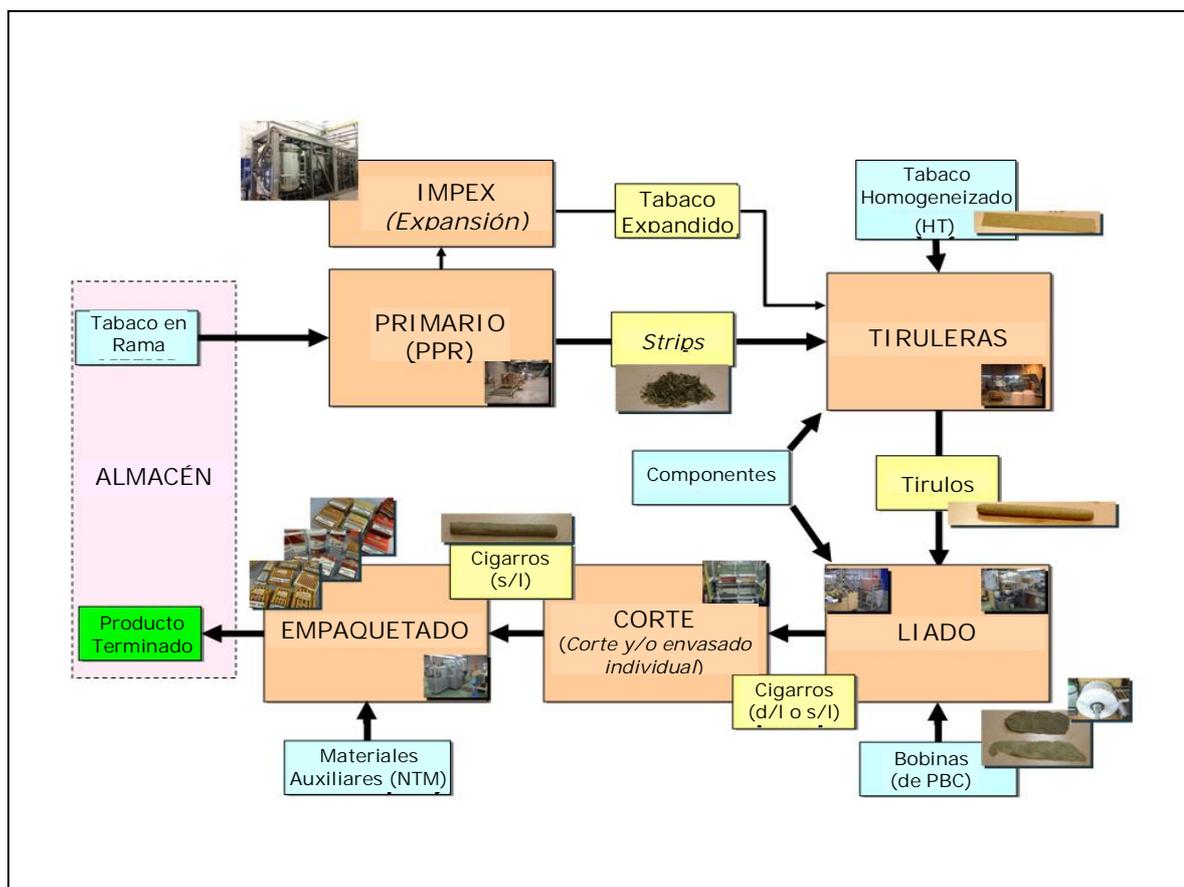


Figura 28. Fases de la fabricación automática de cigarros. [Fuente: Fábrica T]



A continuación se explica más en detalle las etapas de proceso primario, fabricación y acondicionamiento:

Proceso primario

Se da el nombre de proceso primario al conjunto de actividades, equipos e instalaciones cuyo propósito es, a partir de las hojas de tabaco, producir la tripa y preparar los tabacos caperos (fabricación de bobinas de tabaco) de modo que las operaciones de liado de cigarros puedan realizarse de manera satisfactoria. Igualmente, pueden considerarse dentro del proceso primario aquellas instalaciones (transporte neumático, sistemas automáticos de alimentación de tripa, etc) que permiten poner la tripa a disposición de los talleres de fabricación.

En el proceso primario se llevan a cabo una serie de operaciones que generalmente se encuentran integradas en una línea de fabricación específica (Planta de Preparación de Rama, o PPR):

- 1 Composición de la liga de acuerdo a las especificaciones establecidas, mezclando las diferentes variedades y tipos de hojas de tabaco que intervienen en la misma.
- 2 Limpieza del tabaco, separando el polvo y objetos extraños que pueda contener.
- 3 Eliminación de venas y otros desechos y subproductos.
- 4 Obtención de un tamaño de partícula adecuado para la labor a producir.
- 5 Homogeneización y mezcla de la tripa batida.
- 6 Acondicionado de la humedad de la tripa para facilitar la operación de liado.

En general, en el procesado de hojas de tabaco, deben tenerse en cuenta los criterios siguientes:



- 1 Debe asegurarse una mezcla perfecta de los diferentes tipos de tabaco utilizados como componentes.
- 2 Debe mantenerse, para un mejor acondicionamiento del tabaco, valores adecuados de humedad y temperatura en cada fase del proceso.
- 3 Igualmente, debe asegurarse la minimización de la generación de subproductos durante el proceso.

Las fases básicas para la fabricación de la tripa, sus objetivos funcionales y el equipo en el que se realizan, se resumen a continuación:

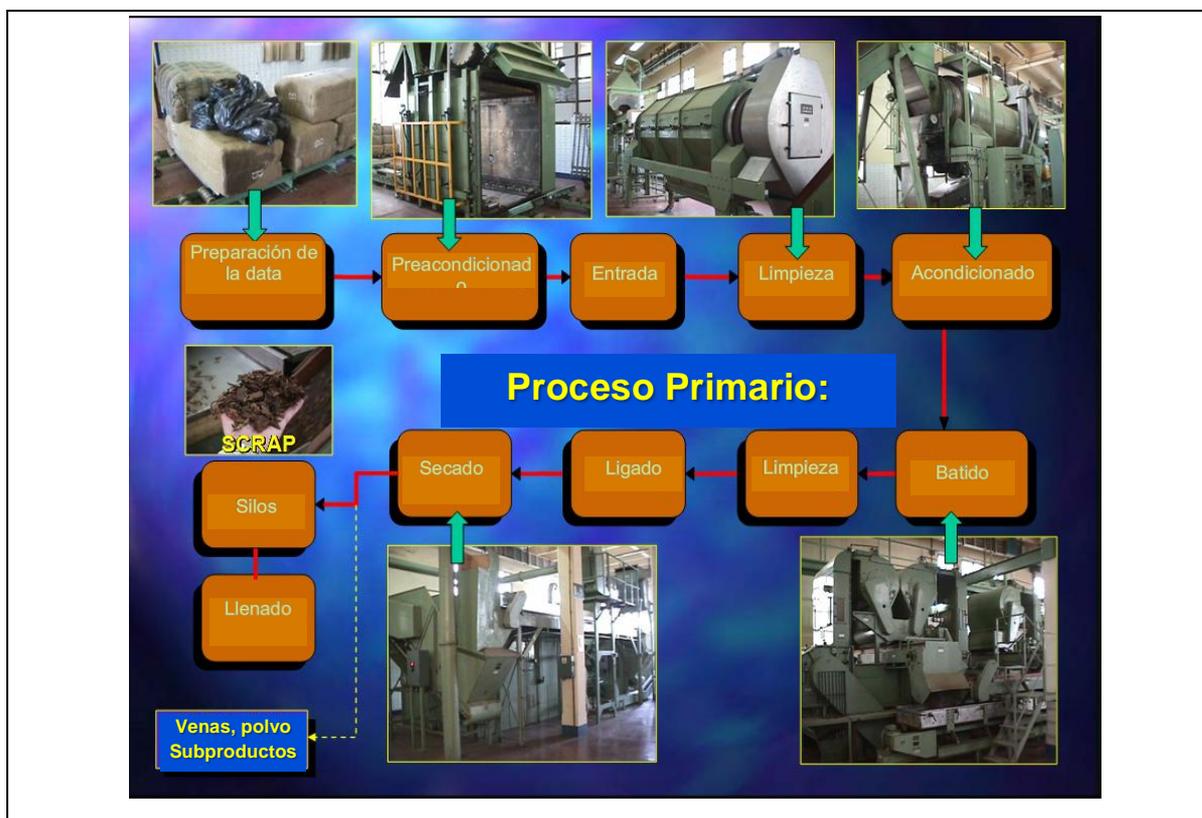


Figura 29. Fabricación de la tripa. [Fuente: Fábrica T]

Tabla 4. Fases de fabricación de la tripa.

FASE	OBJETIVOS	EQUIPO
Preparación de la data	Realización de la liga, asociando los distintos componentes de tabaco.	



Preacondicionado	Proporcionar flexibilidad a las hojas de tabaco en las operaciones previas de manipulado para evitar roturas inyectando humedad.	Cámara de vacío
Entrada (alimentación)	Retirar los embalajes de las balas y alimentar manualmente los tabacos.	Alimentación
Limpieza	Retirada de polvo y objetos extraños del tabaco con velcro o detector de objetos.	Desarenadora Separadores
Acondicionado	Aumento de la humedad para facilitar el proceso de batido.	Cilindro acondicionador
Batido	Cortar las hojas de tabaco al tamaño adecuado y retirar las venas.	Batidoras
Tamizado	Tamizar el tabaco para que tengan el tamaño deseado	Tamizador
Ligado	Homogeneizar el tabaco batido.	Silos de liga
Secado	Reducir la humedad del tabaco antes de su utilización en los talleres de liado.	Secadora
Acondicionado	Mantener el tabaco batido en espera en condiciones adecuadas.	Silos acondicionadores

La maquinaria y equipamiento empleados en la Planta de Preparación de Rama, o PPR, incluye:

- Cámara de vacío, en la que se lleva a cabo el preacondicionamiento. Dicho equipo consiste en una cámara sellada donde se introducen los fardos llegados de distintas partes del mundo con la mínima humedad posible. En este equipo se inyecta vapor de agua a una presión de 7 bares a los fardos. Con esta inyección de humedad, las hojas de tabaco atrapan humedad facilitándose su manipulación.



Figura 30. Cámara de Preacondicionamiento o vacío. [Fuente: Elaboración propia]

El vapor utilizado en esta cámara es generado por una caldera de vapor de producción Ygnis situada en la sala de calderas.

- Deshacerdor, durante la fase de alimentación lo único que se hace es pasar los fardos después de la prehumectación por el deshacerdor para poder limpiar las telas que lo envuelven, para una vez retirados los embalajes poder empezar el proceso.



Figura 31. Alimentador de tabaco. [Fuente: Elaboración propia]



- Bloque de velcros y de detección de metales, empleado en la fase de limpieza de las hojas de tabaco con el objetivo de detectar y retirar hilos y cuerpos extraños que puedan quedar de las balas de los fardos.
- Tambor humectador, gracias a un conjunto de cintas, el tabaco llega a este tambor en el que se le añade humedad a las hojas de tabaco con el fin de facilitar el proceso de batido. El vapor utilizado en este proceso también proviene de la caldera Ygnis utilizada anteriormente. De esta forma tiene lugar el acondicionamiento del tabaco.
- Batidora, empleada para la trituración de las hojas de tabaco de forma que finalmente se obtiene el tamaño deseado para ser empleado en la fabricación de la tripa. Es importante que las hojas de tabaco tengan una humedad alta, alrededor de un 20%, debido a que si el tabaco contiene poca humedad, las cuchillas de las batidoras pueden triturar demasiado las hojas y convertirlo en polvo de tabaco.
- Tamizador, una vez que las hojas de tabaco han sido cortadas por la batidora, se comprueba que su tamaño sea el ideal para poder ser utilizado, para ello se pasa el tabaco por un tamizador con tres mallas de diferente tamaño. La parte gruesa vuelve a pasar por la batidora gracias a una cinta transportadora de recuperación. El tabaco retenido por la segunda y tercera malla sigue el proceso de elaboración.



Figura 32. Tamizador compuesto por tres mallas de diferente tamaño. [Fuente: Elaboración propia]

- Secador, el tabaco seleccionado sigue su camino hacia el secador donde se reduce la humedad del tabaco hasta un valor alrededor del 12% que es su humedad óptima para ser trabajo en los siguientes procesos.



Figura 33. Secador de la tripa de tabaco. [Fuente: Elaboración propia]

- Tambores de aromatizado, ubicados tras la secadora de tripa para una dosificación adecuada a cada liga. Una de las características principales de ciertas ligas para cigarrillos es su alto contenido en aromas. Hay muchos tipos diferentes de aromas (vainilla, uva, dulce, aroma globo, etc.) que pueden combinarse con inhibidores de moho.



- Silos, finalmente se lleva a cabo el almacenaje en los silos. Cada tabaco específico se va descargando en cajas de cartón listas para su uso en el siguiente proceso productivo.



Figura 34. a. Silo de llenado final. b. Cajas con tripa lista para uso. [Fuente: Elaboración propia]

Junto con las operaciones de homogeneización y la obtención de la humedad adecuada, el batido de las hojas de tabaco hasta el tamaño especificado es una de las operaciones esenciales del proceso primario, puesto que afecta de manera importante a las características de fumado del cigarro.

Fabricación

El proceso de fabricación incluye varias etapas, la primera de ellas el liado, nombre asignado a las actividades cuya intención es la de fabricar el cigarro desde los siguientes componentes: la tripa, el capillo (natural o homogenizado) y la capa (en general capa natural). A partir de aquí, para una mayor extensión y por el interés industrial, nos referimos solamente al liado automático de los cigarros

Para poder ejecutar el liado, en primer lugar es necesario un paso previo en el cual se genera un producto semifinalizado de gran interés para la fabricación de cigarros: El tirulo que en combinación con la tripa y el capillo facilita la fabricación siguiente del cigarro y proporciona una figura y una consistencia adecuada.



El tirulo puede ser fabricado o en máquinas independientes de producción de varillas (en caso de tirulos continuados son fabricados con tabaco homogenizado), o en una primera etapa específica de máquinas liadoras (en caso de cigarros 100% naturales).



Figura 35. Ejemplo de tamaño de un tirulo. [Fuente: Elaboración propia]

En esencia, la operación de encapado es una de las características más importantes en la manufactura de los cigarros, e integra la contribución de los componentes a través de dispositivos de operación coordinados que finalmente producen el cigarro. Estos dispositivos están metidos, al menos en el caso de los cigarros 100% naturales, en una máquina específica llamada “overrolling machine” [máquinas de liado]. En el caso de la fabricación independiente de los tirulos, la máquina liadora se convierte exclusivamente en una máquina de hacer la capa, ya que no es necesario fabricar el tirulo.

Se denominan “complete overrolling machines” [máquinas completas de liado] a aquellas en las cuales tiene lugar tanto la fabricación del tirulo así como la producción del cigarro.

Los pasos característicos del proceso de liado se resumen en las siguientes figuras y tablas.

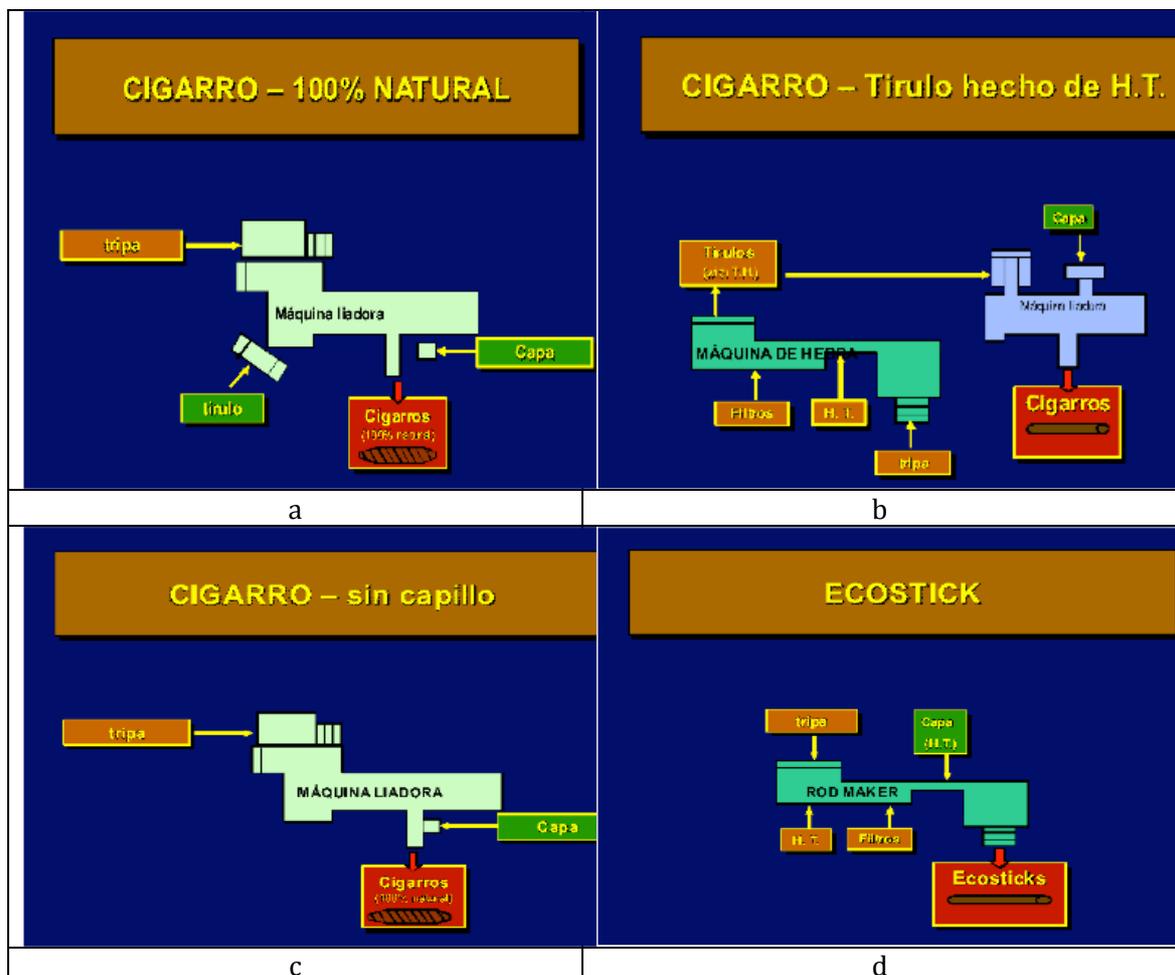


Figura 36. a. Combinación 1 (capillo: natural, capa: natural); b. Combinación 2 (capillo: tabaco homogeneizado "T.H.", capa natural); c. Combinación 3 (capillo: sin capillo, capa: natural); d. Combinación 4 (capillo: tabaco homogeneizado "T.H.", capa: "T.H."). [Fuente: Fábrica T]

Tabla 5. Fases del proceso de liado.

FASE	OBJETIVOS	EQUIPAMIENTO
Fabricación del tirulo	Producir el tirulo asociado a la tripa suministrada por el dispositivo de alimentación con la tripa (natural o T.H.).	Dispositivo de fabricar las varillas o sección de hacer el tirulo de una máquina liadora.
Desenrollar Capa y Capillo	Proporcionar los cortes necesarios en las capas y capillos en la manufactura del tirulo/ cigarro.	Dispositivos de bobina para desenrollar.
Liar	Fabricar el cigarro liado con la capa de tabaco por encima del tirulo.	Dispositivo de liado (en la máquina liadora).



Completar el cigarro	Operaciones complementarias finales (cortar, perforar,...) los cuales se ejecutan en la máquina liadora.
----------------------	--

Aunque la sincronización entre la fabricación tanto de los tirulos como de los cigarros existía durante más de medio siglo después de los comienzos de la mecanización en la manufactura de los cigarros, la extensión del uso del tabaco homogenizado como cuerpo en los cigarros de bajo precio, ha permitido hacer independiente la fabricación de los tirulos y los cigarros (en diferentes máquinas), incrementando la productividad en ambos procesos hasta límites permitidos - acorde a la dificultad de cada formato- y con la tecnología conocida en cada momento.

Dentro del proceso de liado, la operación básica es de liar la tira de tabaco encima del tirulo, una operación ejecutada por un dispositivo que se llama “Overrolling device” [Dispositivo para liado]. Después de liar, el cigarro continúa hasta las cortadoras ultimando las operaciones finales (cortar los finales, completar las cabezas, perforación) en la máquina antes de pasar a las bandejas específicas en las cuales los cigarros se acondicionan antes de ser empaquetados.

En el transcurso de los últimos años, los fabricantes han hecho un esfuerzo para incrementar la productividad de sus máquinas liadoras de cigarros. Inicialmente, en 1919, con las primeras máquinas completas, se conseguía una productividad de 10 cigarros (cigarros de tirulo largo) / minuto con 4 operadores. Durante muchos años han dominado el mercado las máquinas completas convencionales, para cigarros 100% natural, con productividades de entre 14 y 18 cigarros por minuto, necesitando para ello el manejo de dos operarios.

Actualmente, en los elaborados 100% natural, la productividad asciende hasta los 40 cigarros por minuto, utilizando para ello máquinas de bobina para la capa y el capillo, mientras que en las tareas en las cuales se utiliza un cuerpo de tabaco homogenizado (varillas continuas) hay máquinas con productividades de 80 cigarros por minuto.



La producción de los tirulos que son ejecutados por máquinas independientes de la fabricación del cuerpo, puede alcanzar productividades de hasta 1000 por minuto.

El proceso de corte engloba un conjunto de operaciones que consiste en cortar y/o perforar el cigarro para que quede listo para uso del consumidor, y tiene las siguientes fases;

- Corte:
 1. Obtener cigarros individuales de cigarros dobles.
 2. Cortar los finales para obtener una largura específica.
 3. Cortar la cabeza con el propósito de presentación y de fumar.
- Perforación:
 1. Suministrar ventilación adicional durante el proceso de fumar.
 2. Ventilación axial - da características para el proceso de fumar.

Estas operaciones se obtienen con máquinas específicas de corte, capaces de cortar cigarros a velocidades de alrededor 200 unidades por minuto.

La última fase de la fabricación es el “packing” [empaquetado], consistente en un grupo de operaciones y procesos diseñados para conseguir los siguientes objetivos básicos:

- Completar el cigarro, terminar en cada uno las operaciones antes de su introducción en las cajas (prensar, envolver,...).
- Presentación individual del cigarro, anillar, envolver con celofán, empaquetar.
- Introducir los cigarros en cajas y agruparlas en unidades de venta, empaquetar, envolver, empacar.
- Identificación e inspección final.

Algunas operaciones del “packaging” se describen en la Tabla 6:



Tabla 6. Operaciones del empaquetado.

OPERACION	OBJETIVOS	EQUIPAMIENTO
Prensar	Dar forma al cigarro con el propósito de presentación o para facilitar las tareas de packaging.	Prensado.
Envolver en celofán	Envolver individualmente el cigarro para su conservación. Envolver paquete para conservación o agrupamiento. Generalmente relacionado a la incorporación de una cinta de desgarre para facilitar la apertura.	Máquinas de encelofanar.
Colocación de la vitola	Colocación de la vitola (anilla impresa) en el cigarro para completar su presentación.	Máquinas de colocar vitolas.
Empaquetado	Introducción de los cigarros en cajas de cartulina, madera, paquetes con estuche deslizante, latas.	Empaquetado hecho a mano. Cintas de empaquetado automático para cada formato y envase.
Sellado	Colocación del sello como garantía de calidad del producto.	Máquinas de sellado a mano (en ocasiones).

Algunas de las operaciones de empaquetado requieren equipamientos variados y especializados y, según el formato del cigarro, de una complejidad considerable. Sin embargo, todavía es habitual encontrar actividades manuales (empaquetado, inserción en cajas, etc.). En general, el empaquetado es uno de los procesos dentro de la fabricación de cigarros que ofrece más oportunidades de mejorar la productividad, esencialmente mediante la automatización y la flexibilidad, un atributo fundamental para cubrir la creciente variedad de empaquetados y presentaciones que demanda el mercado.

4.1.4 Acondicionamiento y control en la elaboración automatizada de cigarros

La necesidad de mantener las condiciones adecuadas durante cada etapa del proceso para que las operaciones realizadas sobre el tabaco se hagan de la manera



correcta, nos obliga a prestar una atención especial a la preparación de las materias primas, al producto en elaboración y a los productos finalizados.

Este proceso de acondicionamiento se realiza vigilando principalmente las siguientes dos variables:

- Humedad
- Temperatura

Y se lleva a cabo regulando las condiciones ambientales de las salas donde el tabaco es procesado o conservado.

Los tabacos deben humectarse antes de las operaciones de cortado y empaquetado, y una vez fabricado el cigarro, secarlo hasta las condiciones que permiten una mejor conservación para el fumado. Todos estos procesos son energéticamente costosos, y dada la higroscopicidad del tabaco, se ven influenciados por las condiciones ambientales externas, por lo que se hace conveniente mantener los talleres acondicionados en valores de temperatura y humedad similares a los del punto de equilibrio higroscópico del tabaco en cada fase. Algunos valores que se pueden tomar como referencia son:

Tabla 7. Condiciones de temperatura y humedad por áreas.

ÁREA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA
Almacén de balas	20 – 23°C	60 – 70%
Almacén de tabaco batido y tabaco expandido	20 – 24°C	63 – 66%
Área de liado	20 – 24°C	60 – 65%
Área de empaquetado	20 – 24°C	57 – 62%
Almacén de materiales	20 – 24°C	55 – 60%
Conservación	15 – 18°C	65 – 70%

Para poder conseguir toda esta climatización de las diferentes salas de acondicionamiento, se usa un sistema de climatización complejo donde trabajan tres calderas de vapor B.T THERMITAL con una capacidad térmica total de las tres



de 1.185 kW. Luego entran en juego las Unidades de Tratamiento de Aire (UTA). Una UTA es una instalación que permite controlar la temperatura, humedad y calidad del aire. Estas unidades suelen utilizarse para climatizar salas con un cierto tamaño y en lugares donde haya unos requerimientos altos de calidad del aire.

En la fábrica hay instalados 10 UTAs para poder abastecer a las salas de acondicionamiento.

Para lograr cumplir las especificaciones establecidas para el producto final, es necesario implementar ciertos controles clave en determinados procesos de la fabricación de los cigarrillos. Estos controles son:

- Control de recepción: diseñado para garantizar la idoneidad de los materiales que intervendrán en el proceso.
- Control del proceso: su objetivo es asegurar la conformidad de los parámetros del proceso con las especificaciones establecidas.
- Control de productos terminados: tiene por meta garantizar la perfección (ausencia de defectos) de los productos fabricados antes de ser enviados al cliente.

El objetivo último de todo control es lograr cumplir los estándares de calidad establecidos para el producto, teniendo en cuenta:

- Las especificaciones son la referencia básica. Establecen las características medibles (variables) o detectables (atributos) que deben evaluarse. Normalmente, las fábricas elaboran sus propias especificaciones de producción basándose en especificaciones de producto elaboradas externamente (en departamentos de diseño o desarrollo).
- El control debe estar orientado principalmente a la prevención, con el fin de permitir identificar las causas de los defectos y conducir a una mejora continua. En ese sentido, y para potenciar una implicación que



debería ser natural, es importante incorporar los controles a las responsabilidades de todo el equipo de producción.

- Este tipo de control orientado a la prevención debe ser una herramienta fundamental en la reducción de costes por pérdidas y rechazos.
- En sí mismas, las actividades de control no añaden valor al producto. En esencia ayudan a identificar defectos y a evitar que se acabe enviando al cliente productos defectuosos. Por lo tanto, el esfuerzo más rentable no es el que se destina a la detección de defectos (control de calidad), sino el que intenta asegurar que cada etapa del proceso de producción cumple las especificaciones: una producción impecable (producción de calidad).

El control se lleva a cabo principalmente mediante inspecciones en las que se analizan muestras y sus características (variables o atributos) se comparan con las especificaciones. En algunos casos (evaluación de atributos), se recurre al esquema de desarrollo de defectos para lograr una mayor objetividad en la identificación y valoración de la gravedad de dichos defectos, si los hay. Mediante la evaluación de las características, se decidirá la aceptación o rechazo del material afectado.

En general, el nivel actual de automatización del control de estas operaciones en la fabricación de cigarrillos no es muy alto. Sin embargo, se están incorporando gradualmente sistemas más sofisticados que permiten la monitorización de determinados parámetros (por ejemplo, la humedad en el proceso inicial).

En el proceso de fabricación de cigarrillos en el que se implementa, la realización de auditorías periódicas del Sistema de Calidad permite evaluar la conformidad de las actividades con impacto en la calidad final del producto.



4.2 Organización de la Empresa

4.2.1 Introducción

La fábrica que se va a estudiar se encarga de producir cigarrillos. La superficie total de ésta es de 71.179 m² con un perímetro de 1058 m. Este área está compuesto por la planta de fabricación, una zona de carga y descarga del producto, una zona de aparcamiento y una zona de posible expansión de la planta de producción.

La planta de producción tiene un área de 34.692 m². Esta zona de producción es una zona diáfana, es decir, no existe en ningún momento dentro de la zona de producción una planta superior. Esto solo se da en la zona de despachos y oficinas.

En la Figura 37 se puede observar un plano general de la distribución de la fábrica. Gracias a la diferencia de colores es posible diferenciar todas las áreas que contiene la empresa.

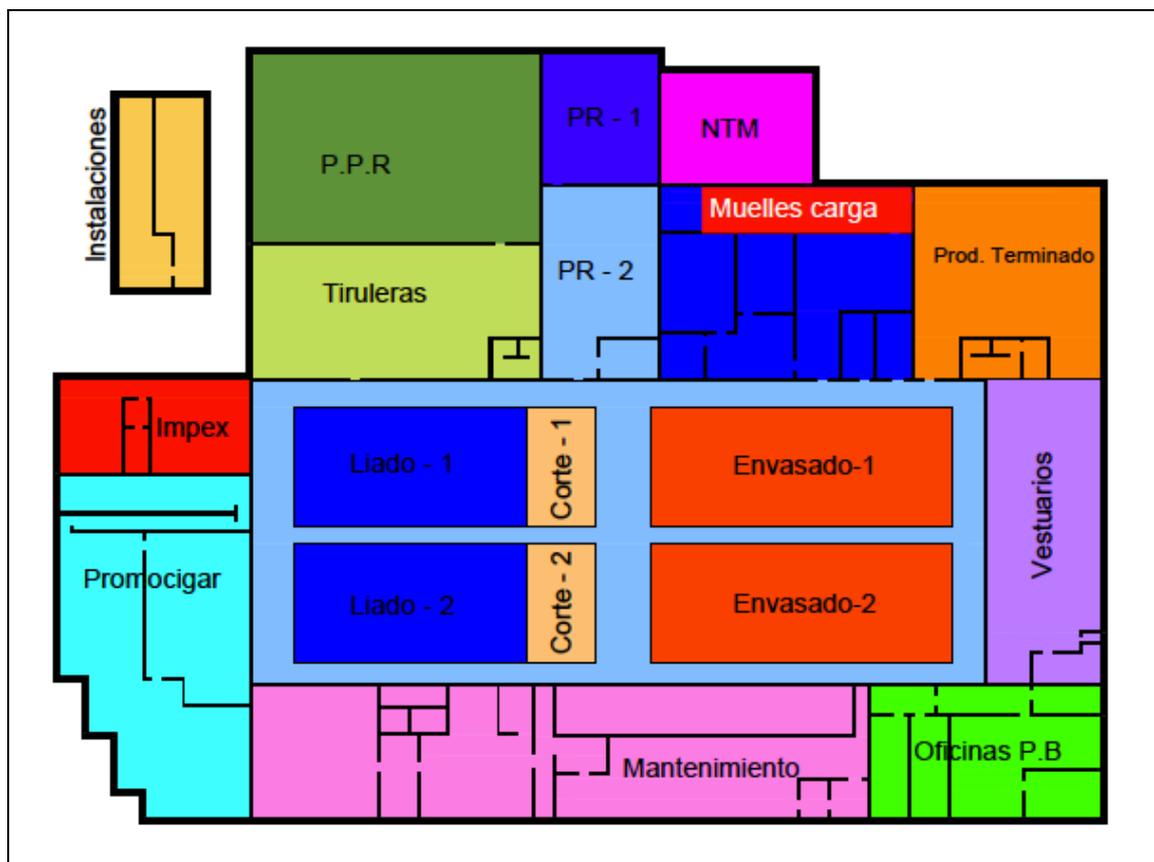


Figura 37. Plano general de la Fábrica T. [Fuente: Elaboración propia]



4.2.2 Instalaciones

A continuación se va a explicar la distribución que tienen las instalaciones de servicio de la fábrica T.

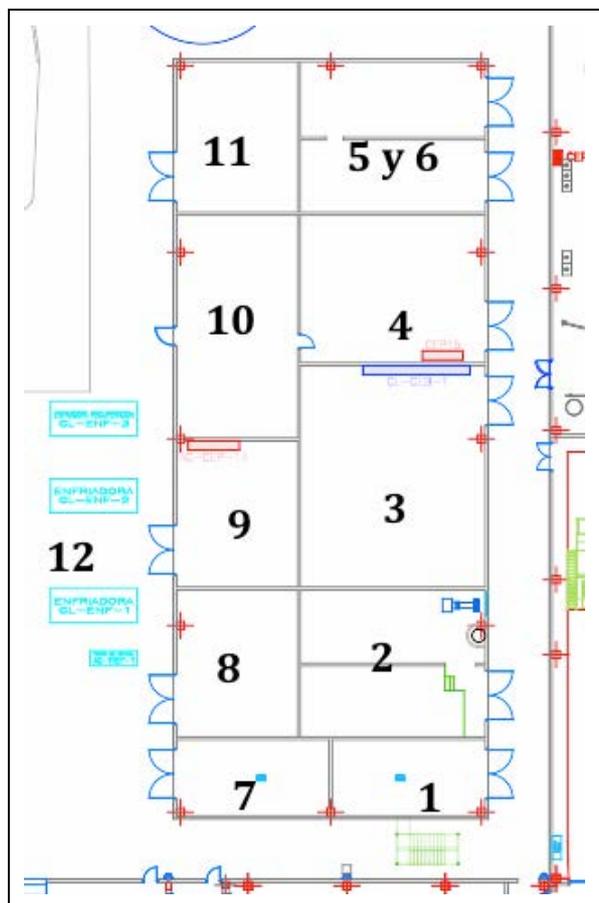


Figura 38. Plano detalle de la zona de instalaciones. [Fuente: Elaboración propia]

Sala 1

Esta es la sala donde se encuentran los distintos productos químicos usados en los diferentes procesos de producción. Aquí se almacenan aceites lubricantes para las máquinas, pinturas, gas-oil, y diferentes elementos químicos utilizados para la producción de cigarrros.

Salas 2 y 8

Las salas 2 y 8 son las relacionadas con la distribución eléctrica de toda la fábrica. En la sala 8 es donde llega el suministro de red. La tensión con la que llega es una



media tensión a 12.300 V. En la sala 2 están ubicados cuatro transformadores. Tres de ellos tienen una potencia de 1000 kW cada uno, que transforman la media tensión a una tensión baja de unos 390 V conectados en paralelo en el cuadro de baja tensión 1. El otro transformador fue colocado debido a una ampliación de la fábrica y tiene una potencia de 630 kW. Este equipo transforma la tensión media a una tensión de 405 V y está conectado al cuadro de baja tensión 2.

Sala 3

En esta sala están localizadas las diferentes bombas de agua para suministrar a la fábrica. Existen tres equipos diferentes para suministrar tres tipos de agua distinta, agua bruta, agua descalcificada y agua de llenado de instalaciones.

- Agua bruta: Este grupo está formado por un equipo de doble bomba Itur cuya potencia total es de 22 kW (11 kW por unidad) y presión de trabajo de 5 kg. Esta agua suministra el agua a los servicios, vestuarios y demás instalaciones sanitarias.
- Agua descalcificada: Equipo de doble bomba Itur con una potencia total de 8 kW (4 kW por unidad) y presión de trabajo 4 kg. Esta agua es utilizada en el proceso de liado, para poder separar la capa de tabaco del rollo de capa. El agua es descalcificada en la sala número 4 para evitar que la máquina tenga problemas a la hora de pulverizar el agua.
- Agua de llenado de instalaciones: Equipo de doble bomba Itur con una potencia total de 4.4 kW (2,2 kW por unidad) y presión de trabajo de 2 kg. Esta agua sirve para las instalaciones que necesiten agua, como los compresores o las calderas.

Salas 5 y 6

Salas para los equipos de aspiración y captación. Esta sala cuenta con la siguiente maquinaria:

- Vacío Pedro Gil: 3 bombas de 37 kW con caudal 1750 m³/h para 40 tomas de limpieza de polvo de tabaco en el proceso de liado y corte.



- Captación de polvo de tabaco en el proceso de PPR: Un ventilador de 30 kW con caudal de 15000 m³/h.
- Secador de tabaco en el proceso PPR: un ventilador de 22 kW con caudal de 20000 m³/h con variador de frecuencia para adecuar el vacío del secador.
- Batidoras Bristol para proceso PPR: un ventilador de 30 kW con caudal 3200m³/h.
- Recogida de vena de tabaco en el proceso de PPR: un ventilador de 22 kW con un caudal de 20000 m³/h.
- Transporte neumático PPR: un ventilador de 30 kW con caudal de 20000 m³/h.
- Transporte resto de fábrica: un ventilador de 22 kW con caudal 3200 m³/h.
- Captación de polvo en el proceso de tiruleras: un ventilador Donalson de 90 kW con un caudal de 30000 m³/h provisto de variador de frecuencia para optimizar su uso.
- Captación de polvo en ecostick: dos ventiladores, uno de 30 kW y otro de 37 kW con caudal variable provisto de variador de frecuencia.

Sala 7

En esta sala está ubicado el taller mecánico para el mantenimiento de la diferente maquinaria de toda la fábrica. Esta habilitada con todo tipo de herramienta y accesorios para poder reparar la maquinaria.

Sala 9

Esta es la sala de distribución de aire comprimido y está comprendida por 3 compresores y 2 secadores de aire.

Hay dos compresores de Atlas Copco ZR132, exento de aceite y refrigerados por agua con una potencia de 132KW, presión máxima de trabajo 10 bar y caudal máximo a dicha presión de 314 l/s.



Un compresor de Atlas Copco ZT132VSD, exento de aceite y refrigerado por aire, con un variador de frecuencia para el motor principal, con una potencia máxima de trabajo de 132KW, presión máxima de trabajo 10,4 bar y caudal máximo a dicha presión y a máximas revoluciones de 307 l/s.

Un secador de Atlas Copco FD700, refrigerado por agua y capaz de obtener un punto de rocío de 3°C, con una potencia de 6,4 kW con un caudal máximo en entrada del secador de 775 l/s y con una carga aproximada de refrigerante de 16 kg de R404a.

Un secador de Atlas Copco FD860VSD, refrigerado por aire, con un variador de frecuencia, capaz de obtener un punto de rocío de 3°C, con una potencia de 5,3kW a caudal máximo de entrada del secador de 860 l/s y con una carga aproximada de refrigerante de 6kg de R404a

Todas las máquinas de la fábrica están conectadas a la red de aire comprimido, ya sea para el funcionamiento de los sistemas neumáticos de las propias máquinas, como para estar conectadas a mangueras para limpieza de la máquina y de la zona de trabajo.

Sala 10

Esta es la sala de calderas. En ella hay instaladas 3 calderas. Una de ellas es para uso de vapor en los procesos de producción, otro equipo para climatización y Agua Caliente Sanitaria y la última usada en caso de emergencia.

- Caldera generadora de vapor para proceso productivo. Esta caldera es una caldera Ygnis con un caudal máximo de 2100 kg/h cuya potencia térmica es de 2100 kW. La presión de vapor generado es de 8 kg y la temperatura es de 175°C. El vapor generado en esta caldera es para uso en el proceso de la Planta de Preparación de Rama. El vapor es usado en la cámara de vacío o prehumectación. También se usa este vapor en el cilindro acondicionador, inyectando el vapor de agua para hacer aumentar la humedad a la hoja de tabaco.



- Grupo de tres calderas B.T.Thermital generadoras de vapor para climatización y ACS. Tienen una potencia total térmica de 1185 kW. La presión es de 3 kg, temperatura de salida de 55°C y de retorno de 52°C. Este vapor es utilizado para calentar el agua gracias a intercambiadores de calor. Una vez se ha obtenido el agua caliente, este va dirigido para su uso como Agua Caliente Sanitaria (ACS) y también para el uso en las Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs) en la climatización de la fábrica. Las UTAs son unidades donde existen intercambiadores de calor tanto de frío como de calor. Se toma aire del exterior de la fábrica y dependiendo de la temperatura de éste será necesario calentar ese aire o enfriarlo. Para calentarlo se recurrirá al agua caliente procedente de esta caldera de vapor, y si por el contrario se desea enfriarlo, se utilizará agua fría, enfriada previamente en las enfriadoras. Debido a que se requieren muchas salas aclimatadas y acondicionadas con un régimen muy estricto de temperatura y humedad, la climatización es una de las aplicaciones de mayores consumos de energía en la Fábrica T.

Sala 11

Sala de bombas contraincendios. En esta sala están ubicadas las bombas y equipos para la lucha contra un incendio en la fábrica.

Número 12

En este espacio se encuentran las enfriadoras. Se dispone de un total de 3 enfriadoras. Dos de ellas son enfriadoras Climaveneta con una potencia total de 630 kW (315 kW por enfriadora). La otra enfriadora York ha sido instalada recientemente y tiene una potencia de 215 kW y tiene instalado variador de frecuencia. El funcionamiento es el siguiente: siempre hay una de las 2 Climaveneta en funcionamiento y la York varía según necesidad. En caso en que fuese necesario enfriar más agua, entrarían en funcionamiento todas las enfriadoras. Lo que se hace es rotar semanalmente el funcionamiento de las



enfriadoras sin variador de frecuencia, funcionando una semana una y otra semana otra.

La labor de estas enfriadoras es enfriar el agua que proviene de los intercambiadores de calor usados en climatización.

4.2.3. Red de gas y de electricidad

4.2.3.1. Red de gas

El suministro de gas es canalizado con una conexión a la red de gas natural, disponiendo una Estación de Regulación y Medida, para poder bajar presión y contabilizar el consumo, que da servicio a los procesos de se llevan a cabo en la fábrica.

Actualmente dicho suministro lo realiza la empresa E como comercializadora y la empresa A como empresa distribuidora, con las siguientes características:

- Tarifa de peaje a la red 2.2
- Qd: 11.000 kWh/día
- Precio kWh: 0,032380 €

La obtención del vapor se realiza por dos caminos diferentes. En uno de ellos el gas es destinado para ser empleado en una caldera generadora de vapor Ignis con capacidad de generar 2100kWh. Este vapor de agua generado es el empleado en el proceso primario de rama. En el segundo de los caminos empleados para la producción de vapor se emplean tres calderas. El vapor generado por este segundo camino es el empleado para la climatización de diferentes salas de acondicionamiento y también para agua caliente sanitaria (ACS).

Uso del gas en climatización

Este gas es usado en tres calderas B.T. Thermital con capacidad de 1185 kWh cada una. Ese vapor se separa para la obtención de ACS y para las salas de climatización, ya que es uno de los aspectos más importante de la producción del tabaco.



Figura 39. Calderas de climatización. [Fuente: Elaboración propia.]

La fábrica consta de un total de 10 salas de climatización con las siguientes condiciones de temperatura y de humedad.

Tabla 8. Salas de acondicionamiento.

ETAPAS ACONDICIONAMIENTO	TEMPERATURA °C	HUMEDAD %
Acondicionado Tirulos	23 ± 2	60 ± 5
Secado Cigarros 1	25 ± 2	40 ± 5
Secado Cigarros 2	25 ± 2	40 ± 5
Secado labores Inglesa	25 ± 2	40 ± 5
Rubio y Export	25 ± 2	40 ± 5
Acondicionado Cigarros1	22 ± 2	70 ± 5
Acondicionado Cigarros2	22 ± 2	70 ± 5
Cámara Frigorífica Bobinas	5 ± 2	N/A
Cámara Frigorífica TH	10 ± 2	N/A
Cámara Secado Bobinas	30 ± 5	N/A

En el caso de detectar que alguna de las cámaras están fuera de los valores especificados, se realizará una medida aleatoria de los cigarros/tirulos que les corresponda salir de cámara ese día para comprobar su conformidad. En el caso de detectar que el producto no es conforme, se abrirá el correspondiente No Conforme determinando las actuaciones a tomar.

El mantenimiento de las condiciones de temperatura y humedad en las distintas salas se realiza a través del suministro de aire tratado en distintas UTAs. Una UTA (Unidad de Tratamiento del Aire) es una instalación donde se realiza el acondicionamiento del aire que va a ser utilizado en un sistema de climatización.



Esta unidad permite controlar la temperatura, humedad y calidad del aire. Estas unidades suelen utilizarse para climatizar salas con un cierto tamaño y en lugares donde haya unos requerimientos altos de calidad del aire, como es el caso de la Fábrica, dónde hay instaladas 10 UTAs para poder abastecer a las salas de acondicionamiento.

Uso de gas para generación de vapor en proceso productivo

Este gas es utilizado en una caldera generadora de vapor Ygnis con capacidad de generar 2100kWh



Figura 40. Caldera Ygnis generadora de vapor de producción. [Fuente: Fábrica T.]

Los diferentes procesos donde se utiliza el vapor de agua en la planta PPR son:

1. Cámara de Vacío. Esta es una fase de acondicionamiento del tabaco donde se le inyecta vapor de agua a una presión de 7 bares proporcionando una flexibilidad a las hojas de tabaco para que en las siguientes operaciones de producción se eviten roturas y sea más fácil su manipulación.
2. Cilindro Acondicionador. Esta es la fase donde acondiciona el tabaco haciéndole aumentar su humedad para facilitar el proceso de batido



4.2.3.2. Red de Electricidad

El suministro eléctrico de la Fábrica se realiza en media tensión a 12.300 V, reduciendo a 390 V en un centro de transformación propio para dar servicio a las diversas instalaciones.

La tarifa contratada para el suministro eléctrico es la 6.1A (6.1 antes del cambio regulatorio del 1/01/2015 sobre la ley de Impuestos Especiales), y las potencias contratadas son: P1: 2100; P2: 2100; P3: 2100; P4: 2100; P5: 2100; P6: 2500.

Gracias a los 22 analizadores de red que se han dispuesto en la fábrica conectados al sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), se tiene conocimiento de la distribución del consumo eléctrico.

4.2.4. Planta de Preparación de Rama

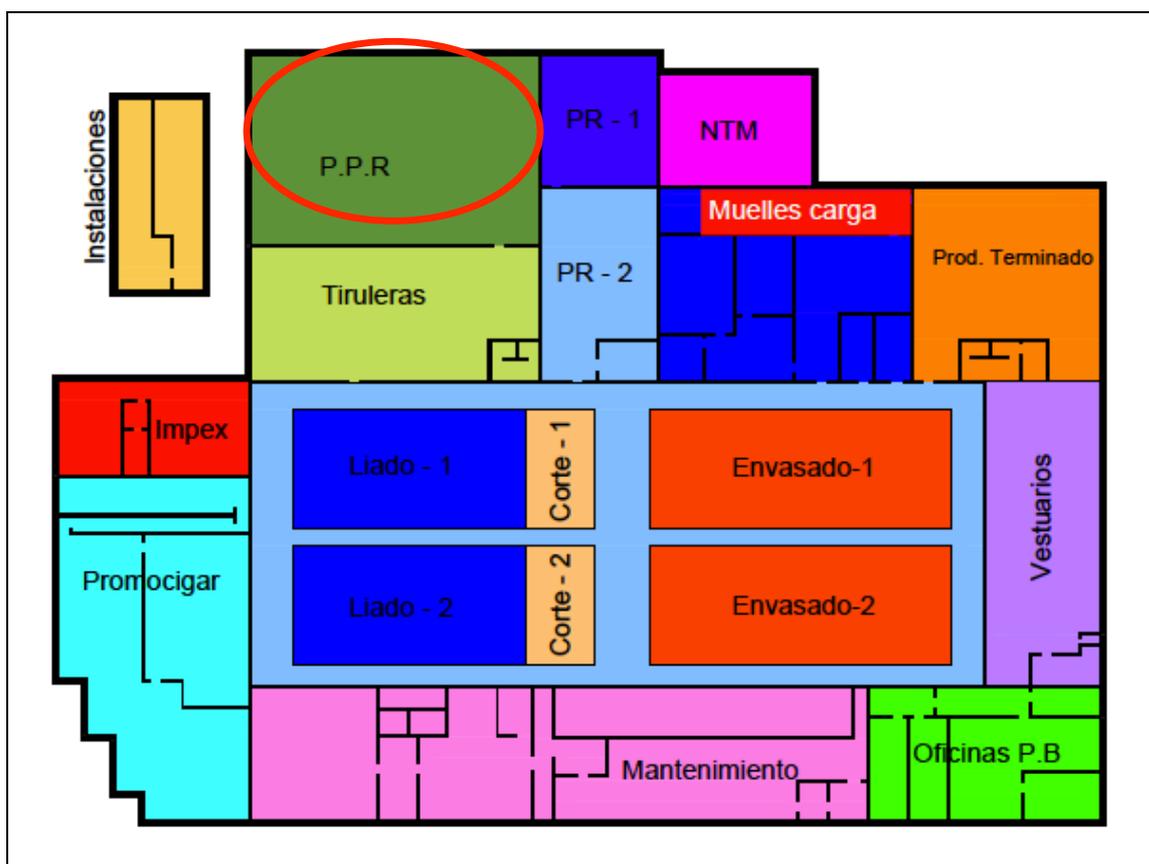


Figura 41.Plano ubicación PPR. [Fuente: Elaboración propia]



En el proceso primario se llevan a cabo las acciones relacionadas con la fabricación y acondicionamiento de la tripa del cigarro.

Para llevar a cabo esas operaciones existen diferentes tipos de maquinaria. En la Figura 42 se puede observar el orden operacional del proceso primario.

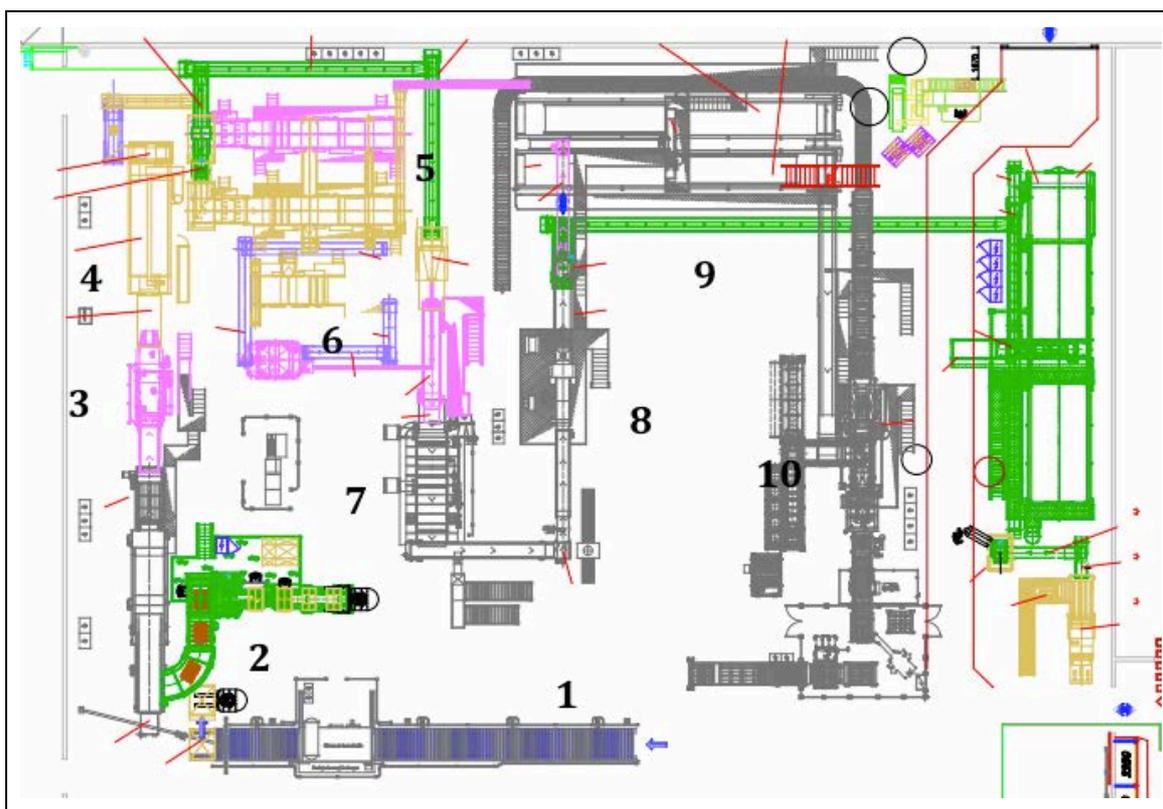


Figura 42. Plano de la maquinaria utilizada en la Planta de Preparación en Rama. [Fuente: Elaboración propia]

Tabla 9. Etapas de la preparación del tabaco en rama.

1	Cámara prehumectadora o sala de preacondicionado
2	Alimentador de fardos de tabaco
3	Limpieza por velcros y detector de cuerpos extraños
4	Acondicionado del tabaco por inyección de vapor de agua
5	Corte de las hojas del tabaco en el tamaño deseado
6	Tamizado por tres mallas de diferente tamaño



7	Secador para obtener la humedad optima
8	Otro detector de cuerpos extraños
9	Silos donde se salva el tabaco
10	Relleno de las cajas de tabaco

En este proceso las máquinas tienen abastecimiento tanto de la red eléctrica como de la red de gas. También tienen suministro de la red de aire comprimido y aspiración.

4.2.5. Proceso de tirulos

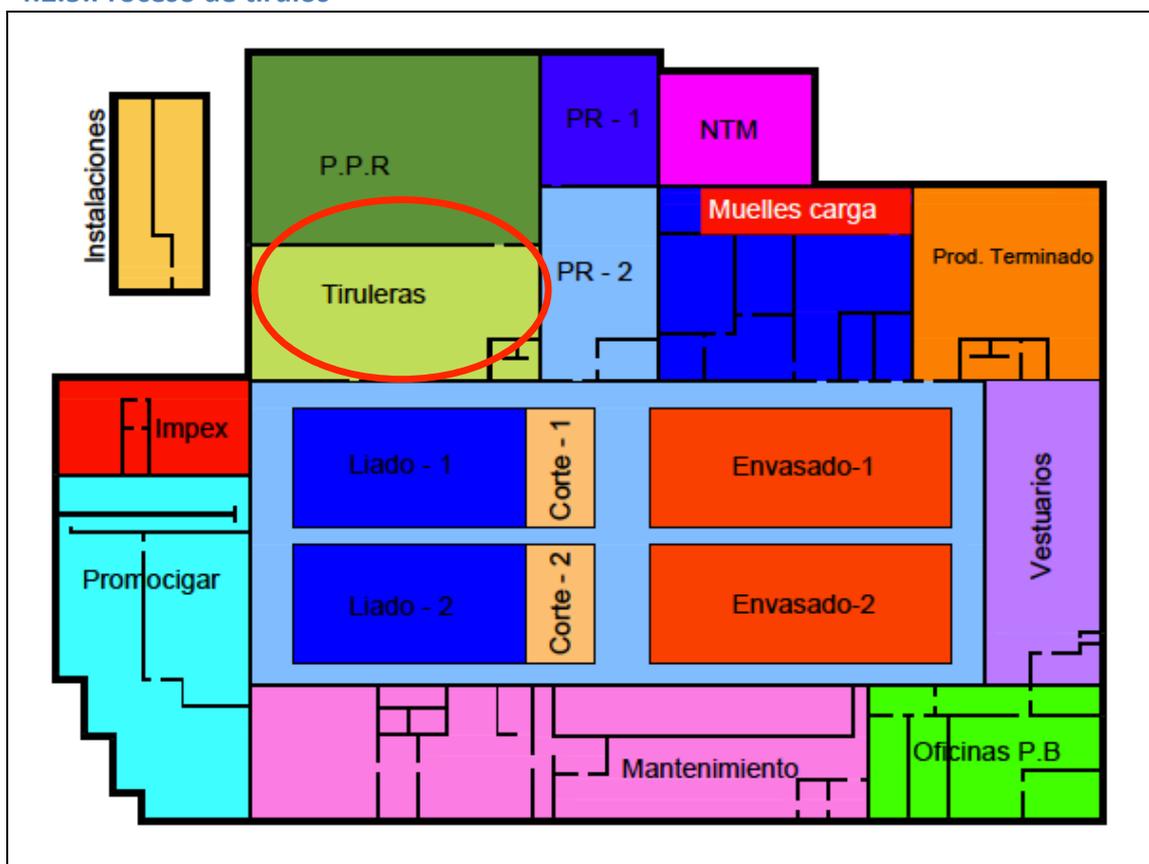


Figura 43. Plano ubicación de sala de tiruleras. [Fuente: Elaboración propia]

En esta sala se lleva a cabo la tarea de la creación de los tirulos. Cuenta con 12 máquinas tiruleras. Estas máquinas están alimentadas por el suministro de red eléctrica, aire aspirado y comprimido.



Estas máquinas son las encargadas de hacer el tirulo, para ello la tripa de tabaco obtenida en el proceso de PPR y el capillo. Dependiendo de la clase de cigarro a fabricar se usa un tipo de tripa y un tipo de capillo. Una vez acabados los tirulos se transportan a la sala de acondicionado de tirulos. Esta sala debe tener unas condiciones de temperatura de 23°C y una humedad de 60%.



Figura 44. a. Fotografía general de una máquina tirulera donde se puede ver el abastecimiento de la tripa de tabaco. b. Salida de tirulos de la máquina. [Fuente: Elaboración propia]

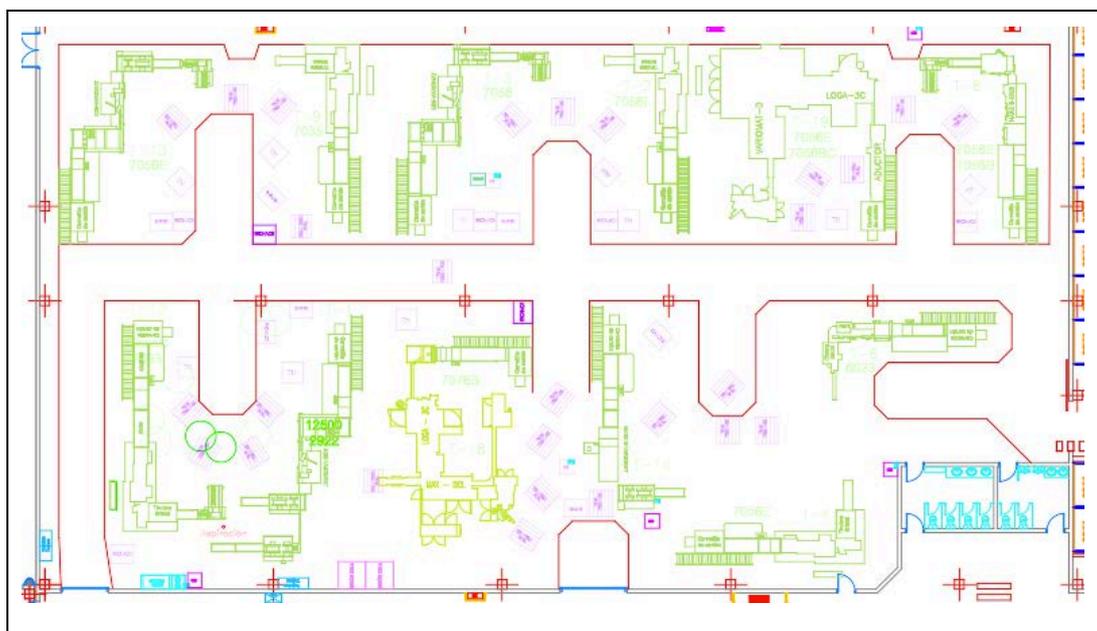


Figura 45. Plano detalle de las máquinas en la sala de tirulos. [Fuente: Elaboración propia]

4.2.6. Proceso de liado

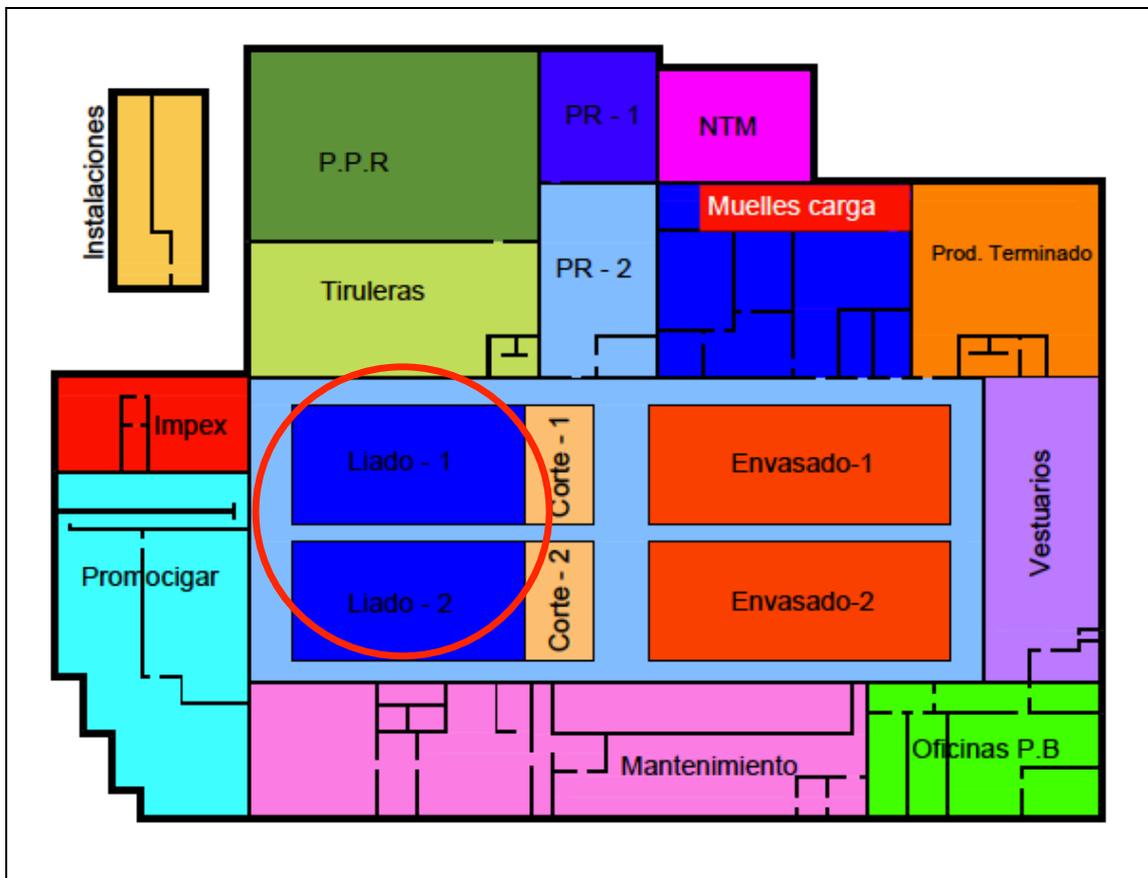


Figura 46. Plano ubicación zona de liado. [Fuente: Elaboración propia]

Esta es la zona donde están instaladas las máquinas de liado. Se separan en dos zonas porque una es de liado con capote natural y otra es de liado con capote de tabaco homogeneizado "T.H." En la zona 1 de liadoras hay instaladas 10 unidades y en la zona 2 hay 88 unidades.

La maquinaria en este proceso esta conectada a la red eléctrica, aire de aspiración y comprimido y a la red de agua descalcificada.

La labor de estas máquinas es de dotar a los tirulos de una capa de hoja de tabaco para aumentar su estética y dar un toque de sabor. Se hacen llegar los tirulos y las balas de capas de tabaco de sus cámaras de acondicionamiento. Para separar las capas de las balas se usa un sistema de aspiración y a la vez son rociadas de agua para aumentar su humedad instantáneamente. Una vez que la máquina tiene el



tirulo y su respectiva capa de tabaco, un sistema neumático enrolla la capa al tirulo usando una cola especial. Una vez obtenido ya el cigarro este es guardado en su respectiva cámara de secado que debe tener una temperatura de 25°C y con una humedad del 40%.

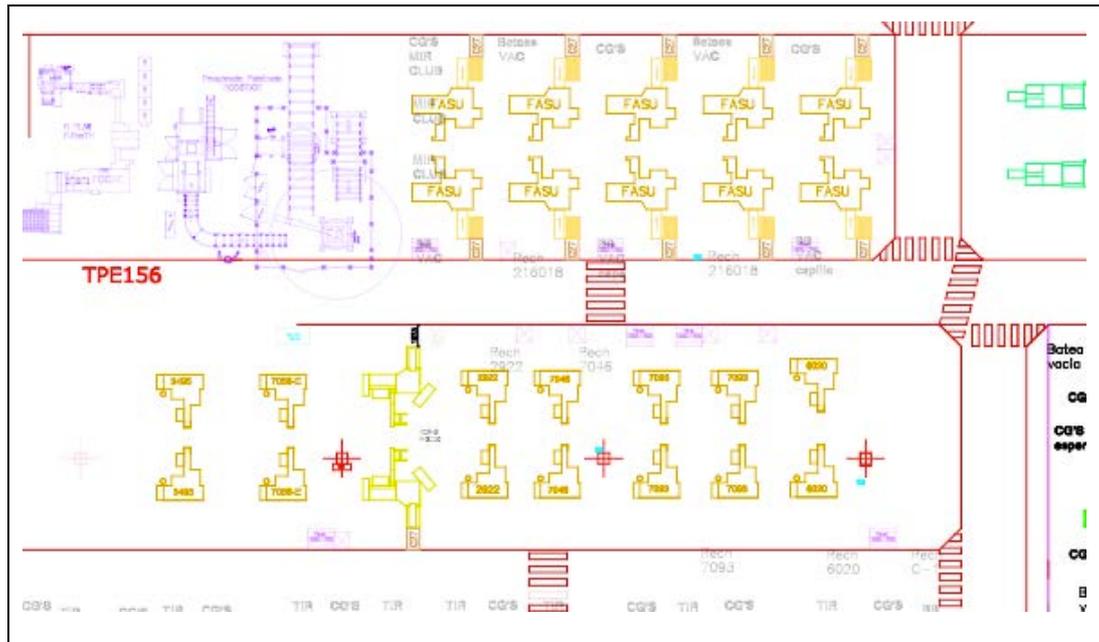


Figura 47. Plano detalle de la zona 1 entera y parte de zona 2 de liadoras. [Fuente: Elaboración propia]

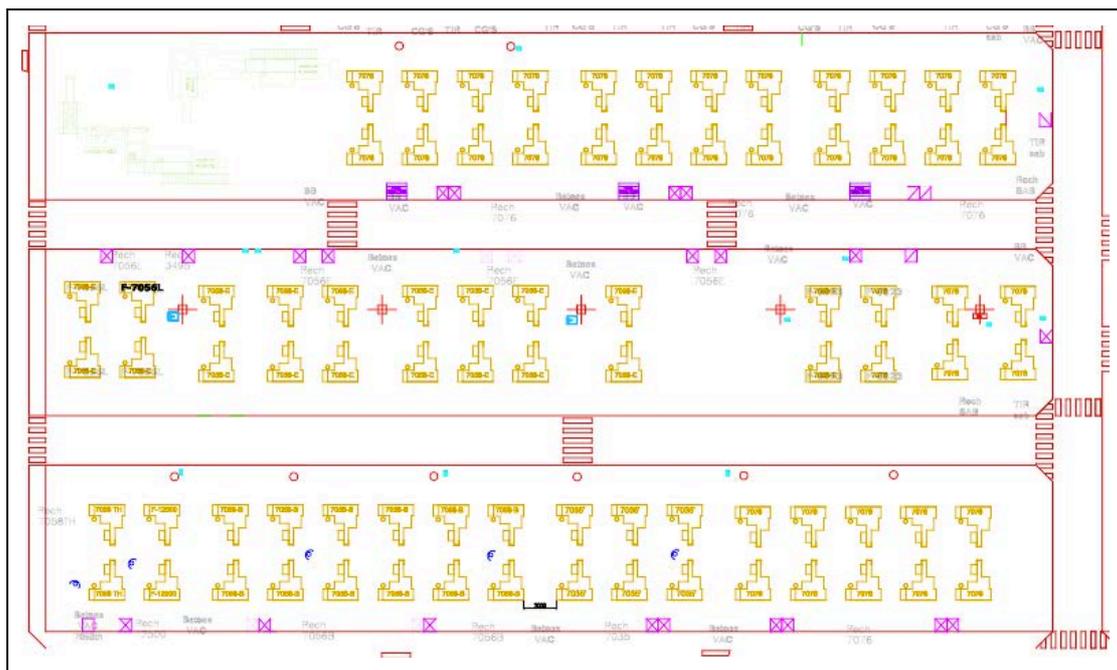


Figura 48. Plano detalle de la zona 2 de liadoras. [Fuente: Elaboración propia]

4.2.7. Proceso de corte

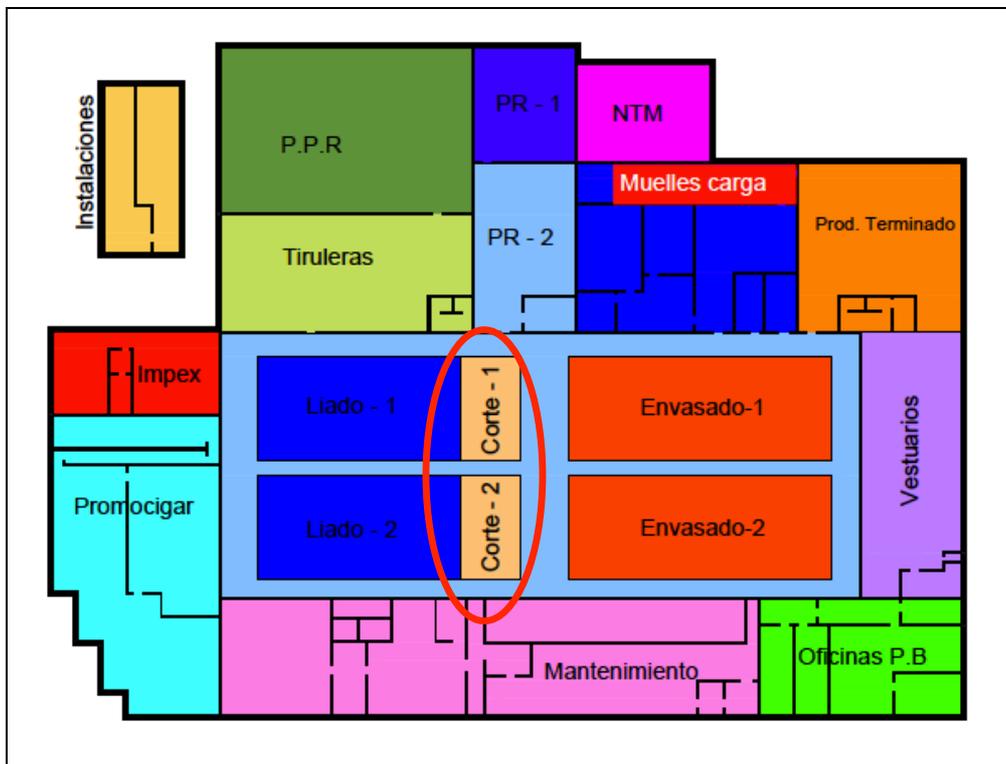


Figura 49. Plano ubicación zona corte. [Fuente: Elaboración propia]

En esta zona están instaladas las máquinas relacionadas con el corte de los cigarrillos. Se encargan de cortar el tirulo por la mitad y recortar las partes finales de los cigarrillos, dando a estos el acabado final para su venta. Este es el ultimo proceso donde los cigarrillos son manipulados.

Hay instaladas 10 máquinas encargadas para esta labor. La mayoría de ellas tienen instaladas unas cámaras de visión artificial. Estas cámaras se encargan de seleccionar los cigarrillos con algún defecto, como por ejemplo, cigarrillos sin capa. Gracias a la diferencia de colores que existe entre la capa y el capote, las cámaras pueden detectar este defecto. También están conectadas a las turbinas de aspiración para recoger el polvo que se produce al cortar los cigarrillos.

Una vez acabada la labor de corte, los cigarrillos son almacenados en salas de acondicionamiento de cigarrillo acabado con una temperatura de 22°C y a una humedad de 70%.

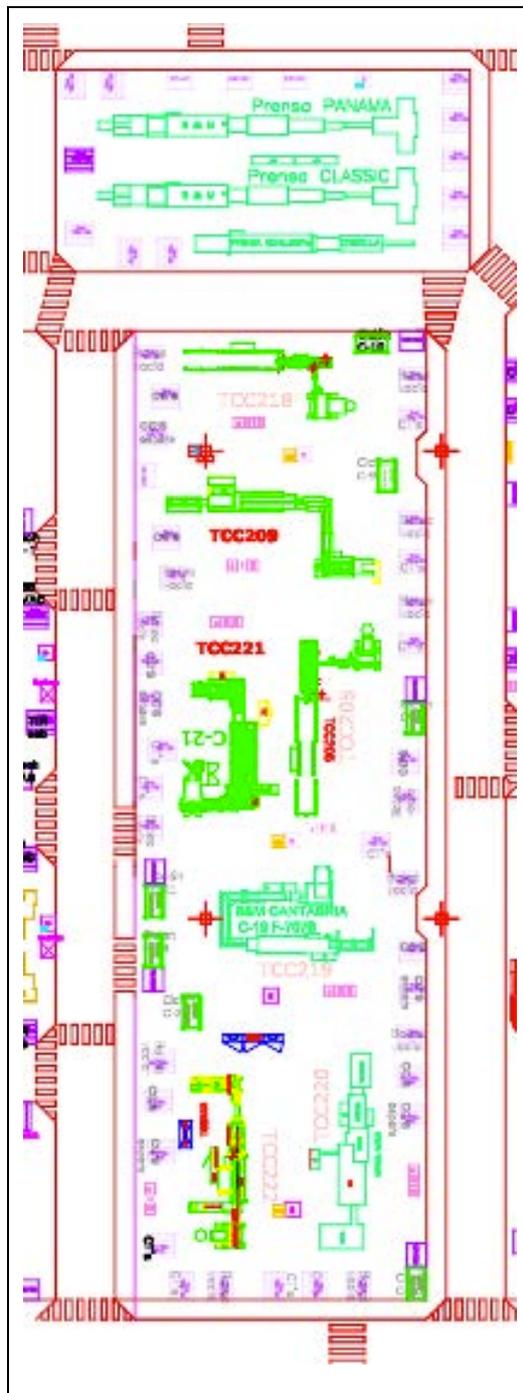


Figura 50. Plano detalle de la zona de cortadoras. [Fuente: Elaboración propia]

4.2.8. Proceso de envasado

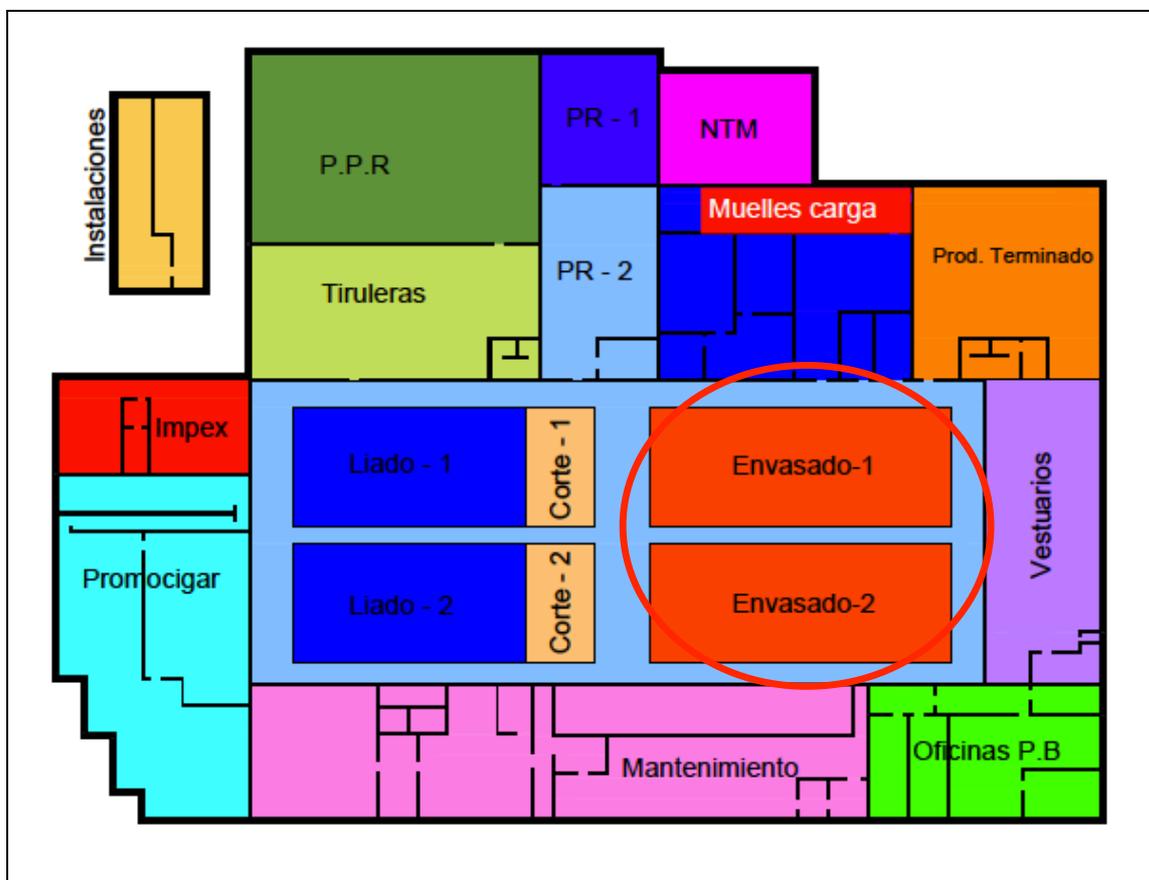


Figura 51. Plano ubicación zona envasado. [Fuente: Elaboración propia]

En esta zona están instaladas las máquinas relacionadas con el envasado de los cigarrillos. La función de estas máquinas es de envasar cada tipo de cigarrillo en su respectivo embalaje. Mayoritariamente existen dos tipos de materiales para envasar, cajas de cartón y latas de metal. Con las cajas de cartón existen 12 tipos de formato con diferente tamaño y forma, por eso hay tanta diversidad de maquinaria en esta zona.

Hay instaladas 32 máquinas conectadas al suministro de red eléctrica, aire comprimido y aspiración. La red de aire comprimido hace funcionar los sistemas neumáticos de cada máquina y así poder empaquetar perfectamente los cigarrillos en sus envases. El sistema de aire de aspiración ayuda a poder separar las cajas de cartón de los embalajes iniciales.



Una vez finalizado la labor de envasado, existe una cinta transportadora donde se recoge todo el producto que es llevado al almacén de producto terminado. Allí un robot paletizador ordena cada formato y lo empaqueta en sus respectivas cajas.



Figura 52. Plano detalle zona de envasado. [Fuente: Elaboración propia]

4.2.9. Resto de fábrica

- Almacenes:

Existen principalmente dos tipos de almacenes en la fábrica: Almacén de materia prima y almacén de producto terminado. Ambos están totalmente separados por puertas con control de acceso para que nunca pueda llegar a existir contaminación del producto. La principal característica que tienen los almacenes es que deben de estar



totalmente climatizados a condiciones específicas para que los productos o materias primas allí almacenados mantengan sus propiedades intactas.

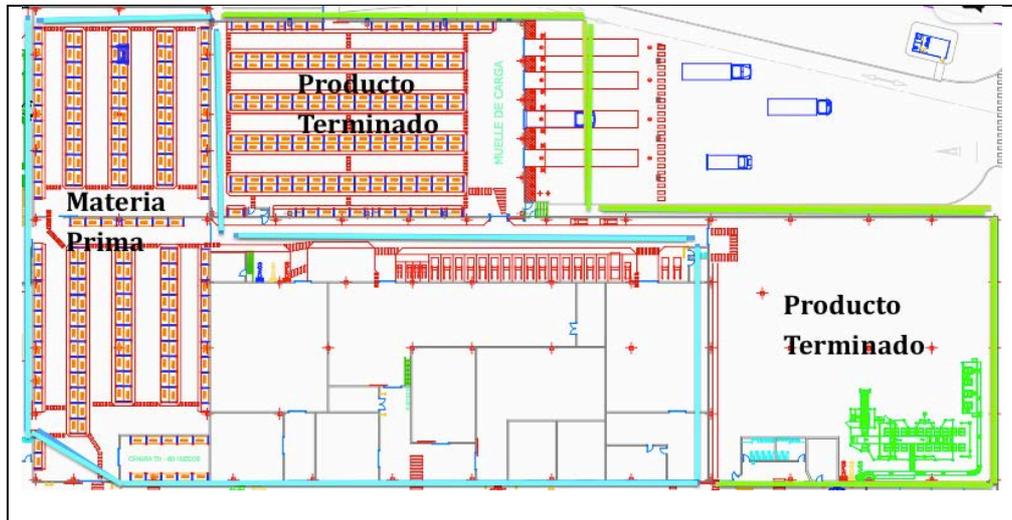


Figura 53. Plano de los almacenes de materia prima y producto terminado. [Fuente: Elaboración propia.]

- Promocigar.

En la fábrica existe un almacén fiscal donde se empaquetan los cigarrillos producidos en distintos países como pueden ser Cuba o Puerto Rico, y son envasados aquí para ser vendidos en Europa, parte de Asia y parte de África. Aquí lo que se hace es etiquetar los productos dependiendo de su lugar de venta ya que cada país tiene una fiscalidad diferente.

En esta parte de la fábrica solo existen 6 máquinas envasadoras y dos almacenes, tanto de materia prima como de producto terminado.

Debido a que es un lugar donde se manejan con cierta complejidad fiscal solo pueden entrar los trabajadores que posean permiso especial para trabajar allí.

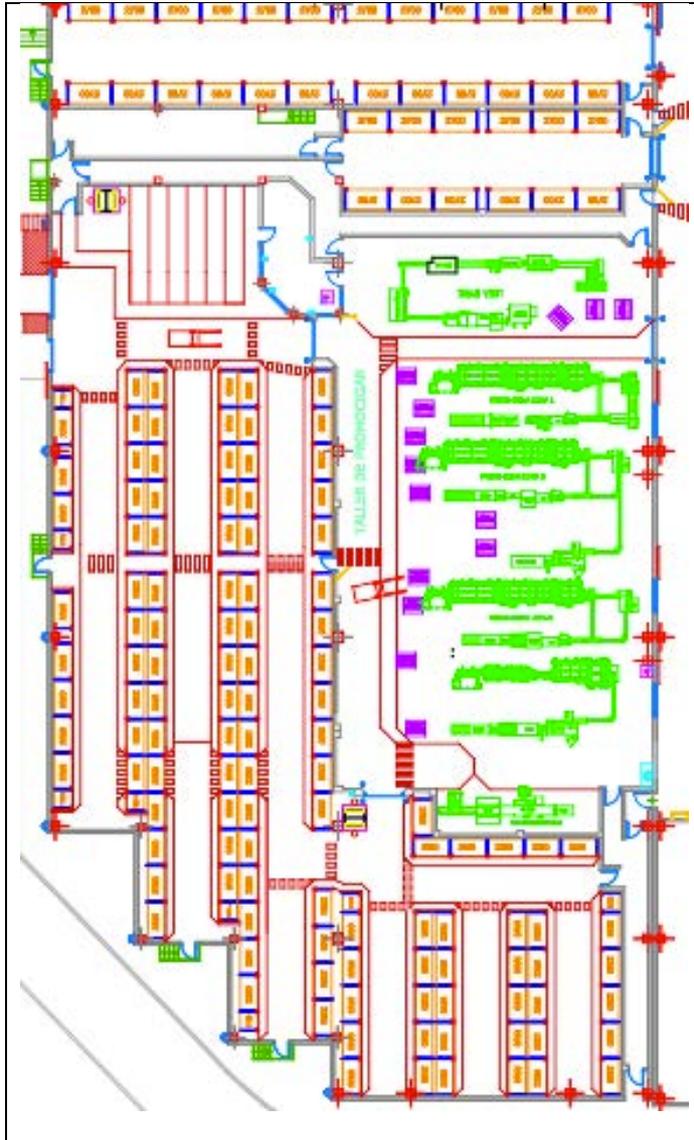


Figura 54. Plano de la zona de promocigar. [Fuente: Elaboración propia]

- Cámaras de acondicionamiento

Como se ha podido observar durante la explicación del proceso productivo, el tabaco debe de tener siempre unas condiciones de humedad y temperatura específicas en cada fase, por eso la climatización es la mayor fuente de consumo de energía. En la fábrica existen 4 tipos de cámaras, de acondicionamiento, de secado y una cámara frigorífica.



Existen tres cámaras de acondicionamiento. Una de ellas es para acondicionar los tirulos y debe de estar a una temperatura de 23°C y con una humedad del 60%. Luego existen dos cámaras más de acondicionamiento del cigarro acabado. Estas deben de estar a una temperatura de 22°C y una humedad del 70%.

Las cámaras de secado son utilizadas para la fase entre el liado y el corte. Después del liado existe un aumento de la humedad del cigarro, ya que la capa es rociada con agua. Y estos cigarros deben de estar a la humedad optima porque el proceso de corte es muy exigente. Si los cigarros están muy secos, con humedad baja, hay un alto porcentaje de defectos por rotura y si la humedad es excesivamente alta, las cuchillas de las cortadoras no cortan bien el cigarro, aumentando también el número de defectos en los cigarros. Existen 5 salas de secado, 4 de ellas deben tener una temperatura de 25°C y una humedad del 40%, y la otra cámara debe tener una temperatura de 30°C sin importar la humedad. Esta última es usada para secar las bobinas de capa.

Las cámaras frigoríficas son 2, y sirven para mantener las propiedades de las bobinas de los capotes y del papel homogeneizado "T.H.". Estas cámaras deben estar a una temperatura de unos 8°C.

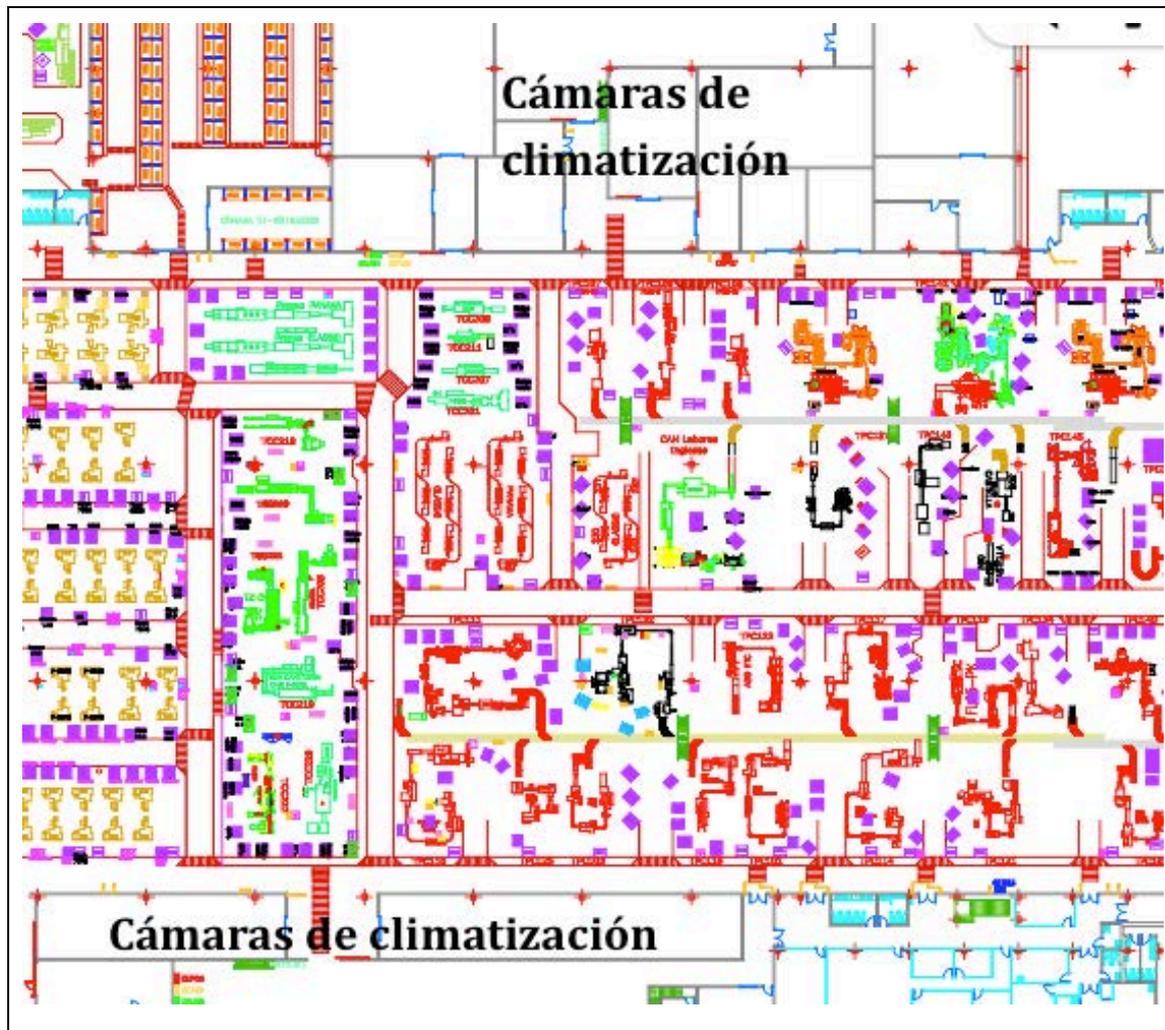


Figura 55. Plano de la situación de Cámaras de climatización. [Fuente: Elaboración propia]



4.3. Aplicación de la Norma UNE-EN ISO 50001 a la Fábrica T

4.3.1. Introducción

Como ya se ha comentado previamente en el apartado de Sistema de Gestión Energética, las principales componentes de la norma UNE-EN ISO 50001 incluyen:

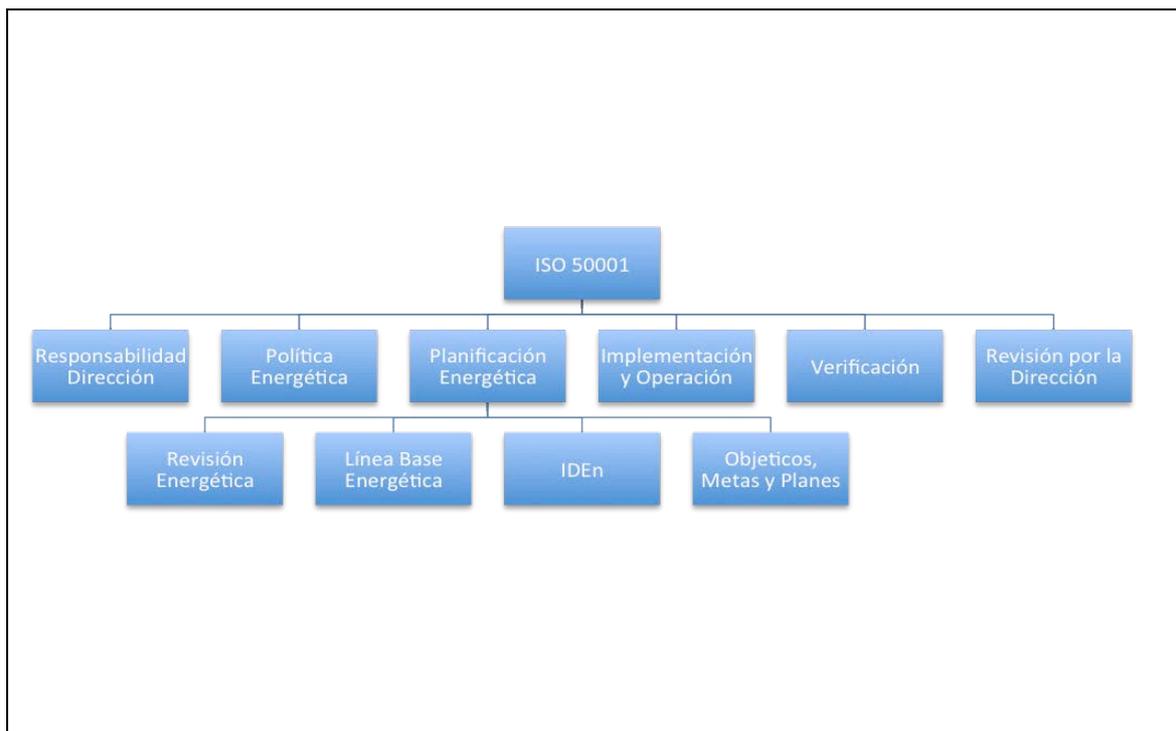


Figura 56. Estructura norma ISO 50001. [Fuente: Elaboración propia.]

En este trabajo se ha centrado más en los apartados de Planificación Energética y Verificación. A continuación se puede observar como se han abordado en este caso en particular.

4.3.2. Planificación energética

Según la norma descrita en el apartado de Sistema de Gestión Energética la organización deber llevar a cabo un proceso de planificación energética. La planificación debe de ser coherente con la política energética y debe conducir a actividades que mejoren de forma continuada el desempeño energético.

Según la estructura de la Norma, primero habría que explicar y detallar la Revisión Energética, después las Líneas Bases, luego los Indicadores de Desempeño Energéticos y por ultimo, el Objetivo, Metas y Planes de Acción. Aquí en primer



lugar se define los Identificadores para poder tener una explicación de lo que son, ya que antes no son explicados. Lo mismo pasa con las Líneas Bases, ya que se necesitan definir antes de entrar a considerar la Revisión Energética.

4.3.2.1. Definición de planificación

Para poder definir los indicadores, ya que dependen de los consumos, primero hay que explicar como se detallan esos consumos, Esto es gracias a los analizadores de red.

La principal función de una analizador de red es obtener el control y la gestión de la instalación que tiene asociada a él, permitiendo optimizar al máximo los costes energéticos.

Los analizadores usan alta tecnología para poder ser usador de forma muy sencilla en cualquier instalación. Suelen estar dotados de memoria interna para poder guardar los datos de todos los parámetros que midan.

La principal ventaja del uso de analizadores es la capacidad de ahorro que puede suponer a una empresa, ya que pueden detectar y prevenir excesos de consumo de energía. También son capaces de analizar curvas de carga detectando cuándo se producen los picos de demanda.

Otra ventaja importante es la prevención, porque son ideales para realizar mantenimientos periódicos del estado de la red eléctrica, ya que permiten ver curvas de arranque de motores, así como la detección de posibles saturaciones en el transformador de potencia, cortes de alimentación, etc...

En la Fábrica T se han instalado una serie de analizadores de red cuya ubicación ha buscado medir los principales consumos de la fábrica, que van desde instalaciones (bombeo, compresores, vacío, etc.), hasta equipos de producción (PPR, liado, envasado, etc.). El motivo de instalar estos analizadores y no otros fue que a la hora de su compra se estudiaron todas las características y este modelo era el más conveniente para la fábrica. Tienen conexión vía Ethernet y permiten conectarse al sistema de control SCADA de WinCC.



En la figura 57 se detalla la ubicación exacta de estos analizadores en la Fábrica T

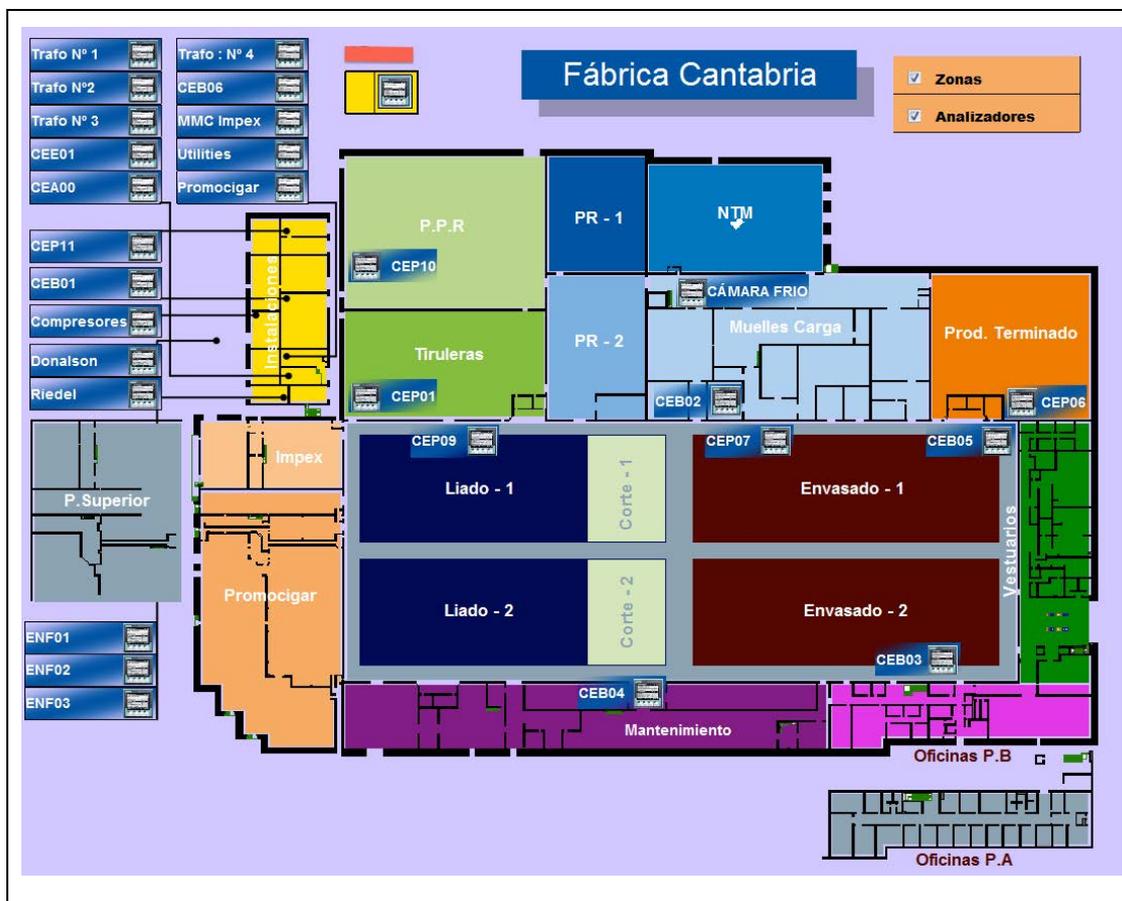


Figura 57. Ubicación de los analizadores de red. [Fuente: Fábrica T]



Tabla 10. Denominación y descripción de cada analizador. [Fuente: Fábrica T.]

DENOMINACIÓN	MODELO	FRECUENCIA DE CALIBRACIÓN	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Total de Fábrica	PM500	3 años	Edificio de Instalaciones	Analizador total de la fábrica
CEA 00	SENTRON3200	3 años	Cuadro General B.T.	Analizador general de alumbrado
CEE 01	SENTRON3200	3 años	Sala de Baja Tensión	Analizador eléctrico de alumbrado de vigilancia
CEP 01	SENTRON3200	3 años	Taller de tiruleras	Analizador de las máquinas productivas de la zona de TIRULERAS
CEP 07	SENTRON3200	3 años	Taller de elaboración	Analizador de las máquinas productivas de la zona de ENVASADO
CEP 09	SENTRON3200	3 años	Taller de elaboración	Analizador de las máquinas productivas de la zona de LIADO
CEP 10	SENTRON3200	3 años	Taller de PPR	Analizador de las máquinas productivas de la zona de PPR
CEP 11	SENTRON3200	3 años	Edificio de Instalaciones	Analizador de la de la instalación de limpieza y aspiración de polvo
CEP 14	SENTRON3200	3 años	Edificio de Instalaciones	Analizador de la instalación de generación de aire comprimido (compresores, secadores y torre de refrigeración)
CEP 17	PM710	3 años	IMPEX + Promocigar	Analizador de potencia de Promocigar
CEP 18	PM710	3 años	IMPEX + Promocigar	Analizador de potencia de Utilities
Donaldson+Handling	SENTRON3200	3 años	Edificio de Instalaciones	Analizador de la instalación de aspiración de polvo Donaldson y Handling (zona Impex)
Riedel	SENTRON3201	3 años	Edificio de Instalaciones	Analizador de la instalación de aspiración de polvo Riedel
Convey	SENTRON3200	3 años	Almacén ROBOT	Analizador del convey
CEB 01	SENTRON3200	3 años	Edificio de Instalaciones	Analizador eléctrico a enfriadoras, sistemas de bombeo de agua fría y agua caliente para climatización,
CEB 02	SENTRON3200	3 años	Altillo almacén bateas vacías	Analizador eléctrico en Climatizadores UCL-09, UCL-10, UCL-19, UCL-20, UCL-21, UTA-03-04, UTA-06, UTA-07, UTA-08
CEB 03	SENTRON3200	3 años	Taller de elaboración	Analizador eléctrico en Climatizadores UCL-06, UCL-07, UCL-08, UCL-14, UCL-16, UCL-17, UTA-5
CEB 04	SENTRON3200	3 años	Altillo de mantenimiento	Analizador eléctrico en Climatizadores UCL-01, UCL-02, UCL-03, UTA-01, UTA-02
CEB 05	SENTRON3200	3 años	Taller de elaboración	Analizador eléctrico en Climatizadores UCL-04, UCL-05, UCL-11, UCL-12, UCL-13, UCL-15, UCL-18
CEB-06	PM710	3 años	IMPEX + Promocigar	Analizador eléctrico en Climatizadores UCL-22, UCL-23, UCL-24, UCL-25, UCL-26, UTA-09, UTA-10
ENFRIADORA 1	SENTRON3200	3 años	Enfriadora 1	Analizador eléctrico en enfriadora 1
ENFRIADORA 2	SENTRON3200	3 años	Enfriadora 2	Analizador eléctrico en enfriadora 2
ENFRIADORA 3	SENTRON3200	3 años	Enfriadora 3	Analizador eléctrico en enfriadora 3
Trafo 1 A.T.	PM500	3 años	Edificio de Instalaciones	Analizador eléctrico del transformador 1
Trafo 2 A.T.	PM500	3 años	Edificio de Instalaciones	Analizador eléctrico del transformador 2
Trafo 3 A.T.	PM500	3 años	Edificio de Instalaciones	Analizador eléctrico del transformador 3
Trafo 4 A.T.	PM710	3 años	Edificio de Instalaciones	Analizador eléctrico del transformador 4
Total de Gas	Schlumberger 2080	4 años	Edificio de Instalaciones	Contador consumo total de gas
Total Caldera de Vapor	ITRON MZ80	4 años	Edificio de Instalaciones	Contador consumo de gas en caldera de vapor Ygnis
Total Caldera Babcock	ITRON MZ80	4 años	Edificio de Instalaciones	Contador consumo de gas en caldera de vapor Babcock
Sonda temperatura	SIEMENS QFA 3160	1 AÑO	Edificio de Instalaciones	Sonda de temperatura exterior.



4.3.2.2. Indicadores de Desempeño Energético

En este apartado se va explicar los Indicadores de Desempeño Energéticos (IDEn) que se han tenido en cuenta para el establecimiento del Sistema de Gestión Energético de la Fábrica T. Estos indicadores se dividen en:

- Indicadores de desempeño energéticos de fábrica.
- Indicadores de desempeño energéticos específicos de instalaciones o zonas.

Estos indicadores serán gestionados a través de la herramienta informática SCADA WinCC instalada en la Fábrica T.

IDEn de la fábrica

IDEn1: Indicador de Eficiencia Eléctrica General Relativo: Relación entre la diferencia del consumo eléctrico semanal real medido y el consumo eléctrico semanal obtenido de la aplicación de la Línea Base Eléctrica.

$$\text{IDEn1} = [(\text{kWh reales semanales} - \text{kWh LB eléctrica semanales}) / \text{kWh LB eléctrica semanales}] \times 100$$

Dependiendo del valor de este indicador, se obtendrá una medida de lo eficiente que está siendo la fábrica:

IDEn1 > 0% → se está siendo menos eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de sobre consumo semanal)

IDEn1 < 0% → se está siendo más eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de ahorro semanal)

IDEn2: Indicador de Tendencia Acumulada Eléctrica Relativa: Relación del sumatorio de las diferencias del consumo eléctrico obtenido semanalmente de aplicar la Línea Base Eléctrica y el consumo eléctrico real medido semanalmente; entre el sumatorio del consumo eléctrico obtenido semanalmente de aplicar la Línea Base Eléctrica.



$$\text{IDEn2} = \left[\frac{\sum(\text{kWhLB eléctrica semanales} - \text{kWh Reales semanales})}{\sum(\text{kWhLB eléctrica semanales})} \right] \times 100$$

Dependiendo del valor de este indicador, se obtendrá una medida de lo eficiente que está siendo la fábrica:

$\text{IDEn2} > 0\%$ → se está siendo más eficiente de lo esperado (equivale al porcentaje acumulado de ahorro desde la semana inicial y hasta la semana final)

$\text{IDEn2} < 0\%$ → se está siendo menos eficiente de lo esperado, (equivale al porcentaje acumulado de sobreconsumo desde la semana inicial y hasta la semana final)

IDEn3: Indicador de Eficiencia Térmica General Relativo: Relación entre la diferencia del consumo térmico semanal real medido y el consumo térmico semanal obtenido de la aplicación de la Línea Base Térmica; y el consumo térmico semanal obtenido de la aplicación de la Línea Base Térmica.

$$\text{IDEn3} = \text{EtGRe} = \left[\frac{\text{kWh reales semanales} - \text{kWh LB térmica semanales}}{\text{kWh LB térmica semanales}} \right] \times 100$$

$\text{IDEn3} > 0\%$ → se está siendo menos eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de sobreconsumo semanal)

$\text{IDEn3} < 0\%$ → se está siendo más eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de ahorro semanal)

IDEn4: Indicador de Tendencia Acumulada Térmica Relativa: Relación del sumatorio de las diferencias del consumo térmico obtenido semanalmente de aplicar la Línea Base Térmica y el consumo térmico real medido semanalmente; entre el sumatorio del consumo térmico obtenido semanalmente de aplicar la Línea Base Térmica.

$$\text{IDEn4} = \left[\frac{\sum(\text{kWhLBtérmica semanales} - \text{kWh Reales semanales})}{\sum(\text{kWhLBtérmica semanales})} \right] \times 100$$



$IDEn4 > 0\%$ → se está siendo más eficiente de lo esperado (equivale al porcentaje acumulado de ahorro desde la semana inicial y hasta la semana final)

$IDEn4 < 0\%$ → se está siendo menos eficiente de lo esperado, (equivale al porcentaje acumulado de sobreconsumo desde la semana inicial y hasta la semana final.

IDEn instalaciones o zonas

Dentro de los indicadores de desempeño energético específicos de instalaciones o zonas se pueden diferenciar los siguientes grupos:

- Indicadores de Climatización Consumo Eléctrico
- Indicadores de Aire Comprimido Consumo Eléctrico
- Indicadores de Máquinas Productivas Consumo Eléctrico
- Indicadores de Climatización Consumo Térmico
- Indicadores de Vapor Consumo Térmico

Indicadores de climatización consumo eléctrico

Son IDEn asociados al consumo eléctrico de la climatización y acondicionamiento del producto. Los consumos que evalúan estos indicadores están asociados a los analizadores CEB01, CEB02, CEB03, CEB04, CEB05 y CEB06.

Para la determinación de estos indicadores se define el modelo de regresión lineal multivariable que representa la evolución del desempeño energético semanal de dicha instalación desde el punto de vista eléctrico.

kWh semanales Climatización = $-17.127,540 + 488,8606 \times \text{horas/semana} + 1.922,478 \times T^a \text{ Media Exterior}$, donde:

- horas/semana: horas productivas semanales.
- T^a Media Exterior: T^a media de la semana.

Los parámetros estadísticos del modelo de regresión son los siguientes:



Figura 58. Parámetros estadísticos del modelo de regresión de climatización en el programa SCADA.
[Fuente: Fábrica T.]

IDEn5: Indicador de Eficiencia Eléctrica General Relativo de Climatización (IEeGRelClima): Relación entre la diferencia del consumo eléctrico semanal real medido (suma de los 6 analizadores asociados a Climatización y Acondicionamiento de Producto) y el consumo eléctrico semanal obtenido de la aplicación del Modelo de Regresión definido; y el consumo energético semanal obtenido de la aplicación del Modelo de Regresión definido.

$$IDEn5=IEeGRelClima=[(kWh reales semanales - kWh modelo semanales) / kWh modelo semanales] \times 100$$

$IDEn5=IEeGRelClima > 0\%$ → se está siendo menos eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de sobreconsumo semanal)

$IDEn5=IEeGRelClima < 0\%$ → se está siendo más eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de ahorro semanal)

IDEn6: Indicador de Tendencia Acumulada Eléctrica Relativa de Climatización (ISUMeRelClima): Relación del sumatorio de las diferencias del consumo eléctrico obtenido semanalmente de aplicar el Modelo de Regresión definido y el consumo eléctrico real medido semanalmente (suma de los 6 analizadores asociados a Climatización); entre el sumatorio del consumo eléctrico obtenido semanalmente de aplicar el Modelo de Regresión definido.



$$\text{IDEn6: ISUMeRelClima} = \frac{[\sum(\text{kWh Modelo semanales} - \text{kWh Reales semanales})]}{\sum(\text{kWh Modelo semanales})} \times 100$$

IDEn6=ISUMeRelClima > 0% → se está siendo más eficiente de lo esperado (equivale al porcentaje acumulado de ahorro desde la semana inicial y hasta la semana final).

IDEn6=ISUMeRelClima < 0% → se está siendo menos eficiente de lo esperado, (equivale al porcentaje acumulado de sobreconsumo desde la semana inicial y hasta la semana final).

Indicadores de aire comprimido consumo eléctrico

Son IDEn asociados al consumo eléctrico del sistema de aire comprimido, es decir, los consumos que evalúan estos indicadores están asociados al analizador de redes Aire Comprimido (CEP14). Para la determinación de estos indicadores se define el modelo de regresión lineal multivariable que representa la evolución del desempeño energético semanal de dicha instalación desde el punto de vista eléctrico.

kWh semanales Aire Comprimido = 1.784,991 – 0.2152365 x Ku Tirulos + 0.05983867 x ku Cigarros Envasados + 0.2617969 ku Cigarros Cortados + 0.2151457 ku Cigarros Liados – 0.0221824 x kg Acondicionados + 0,06260773 x kg Batidos + 0.1408568 x kg Expandidos + 98.50662 x horas/semana, donde: (kuds: unidades expresadas en miles)

- kg Batidos (PPR): kg Batidos tratados semanalmente.
- kg Acondicionados (PPR): kg de Acondicionados tratados semanalmente.
- kg Expandidos (IMPEX): kg Expandidos tratados semanalmente.
- kuds de Tirulos : kuds de Tirulos producidos semanalmente.
- kuds de Cigarros Liados: kuds de Cigarros Liados producidos semanalmente.



- kuds de Cigarros Cortados: kuds de Cigarros Cortados producidos semanalmente.
- kuds de Cigarros Envasados: kuds de Cigarros Envasados producidos semanalmente.
- horas/semana: horas productivas semanales.

Los parámetros estadísticos del modelo de regresión son los siguientes:



Figura 59. Parámetros estadísticos del modelo de regresión de aire comprimido en el programada SCADA. [Fuente: Fábrica T.]

IDEn7: Indicador de Eficiencia Eléctrica General Relativo de Aire Comprimido: Relación entre la diferencia del consumo eléctrico semanal real medido (valores del analizador asociado al Aire Comprimido) y el consumo eléctrico semanal obtenido de la aplicación del Modelo de Regresión definido; y el consumo energético semanal obtenido de la aplicación del Modelo de Regresión definido.

$$IDEn7 = [(kWh \text{ reales semanales} - kWh \text{ modelo semanales}) / kWh \text{ modelo semanales}] \times 100$$

$IDEn7 > 0\%$ → se está siendo menos eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de sobreconsumo semanal)

$IDEn7 < 0\%$ → se está siendo más eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de ahorro semanal)



IDEn8: Indicador de Tendencia Acumulada Eléctrica Relativa de Aire Comprimido: Relación del sumatorio de las diferencias del consumo eléctrico obtenido semanalmente de aplicar el Modelo de Regresión definido y el consumo eléctrico real medido semanalmente (valores del analizador de redes asociado al Aire Comprimido); entre el sumatorio del consumo eléctrico obtenido semanalmente de aplicar el Modelo de Regresión definido.

$$\text{IDEn8} = [\sum(\text{kWh modelo semanales} - \text{kWh reales semanales}) / \sum(\text{kWh modelo semanales})] \times 100$$

IDEn8 > 0% → se está siendo más eficiente de lo esperado (equivale al porcentaje acumulado de ahorro desde la semana inicial y hasta la semana final)

IDEn8 < 0% → se está siendo menos eficiente de lo esperado, (equivale al porcentaje acumulado de sobreconsumo desde la semana inicial y hasta la semana final.)

Indicadores de Máquinas Productivas Consumo Eléctrico

Son IDEn asociados al consumo eléctrico de las máquinas propiamente productivas, es decir, los consumos que evalúan estos indicadores están asociados a la suma de los registrados por los analizadores de redes PPR (CEP10), TIRULERAS (CEP01), LIADO (CEP09), ENVASADO (CEP07), PROMOCIGAR (CEP17), HANDLING (CEP18) y MCC IMPEX. Para ello, se define el modelo de regresión lineal multivariable que representa la evolución del desempeño energético semanal de dicha instalación desde el punto de vista eléctrico.

kWh semanales Aspiración = -547,043 - 0.1189439 x ku Tirulos + 0.09400174 x ku Cigarros Envasados + 0.4353916 x ku Cigarros Cortados + 0.6105870 x ku Cigarros Terminados + 0.0519475 x kg Acondicionados + 0.08150068 x kg Batidos + 0.3079022 x kg Expandidos + 98,51405 x horas/semana donde:

- kg Batidos (PPR): kg Batidos tratados semanalmente.
- kg Acondicionados (PPR): kg de Acondicionados tratados semanalmente.



- kg Expandidos (IMPEX): kg Expandidos tratados semanalmente.
- kuds de Tirulos : kuds de Tirulos producidos semanalmente.
- kuds de Cigarros Liados: kuds de Cigarros Liados producidos semanalmente.
- kuds de Cigarros Cortados: kuds de Cigarros Cortados producidos semanalmente.
- kuds de Cigarros Envasados: kuds de Cigarros Envasados producidos semanalmente.
- horas/semana: horas productivas semanales.

Los parámetros estadísticos del modelo de regresión son los siguientes:



Figura 60. Parámetros estadísticos del modelo de regresión de máquinas productivas en el programa SCADA. [Fuente: Fábrica T.]

IDen9: Indicador de Eficiencia Eléctrica General Relativo de Maquinaria: Relación entre la diferencia del consumo eléctrico semanal Real medido (valores asociados a la suma de los 7 analizadores de redes de Máquinas Productivas) y el consumo eléctrico semanal obtenido de la aplicación del Modelo de Regresión definido; y el consumo energético semanal obtenido de la aplicación del Modelo de Regresión definido.

$$IDen9 = [(kWh reales semanales - kWh modelo semanales) / kWh modelo semanales] \times 100$$



IDEn9 > 0% → se está siendo menos eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de sobre consumo semanal)

IDEn9 < 0% → se está siendo más eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de ahorro semanal)

IDEn10: Indicador de Tendencia Acumulada Eléctrica Relativa de Máquinas Productivas: Relación del sumatorio de las diferencias del consumo eléctrico obtenido semanalmente de aplicar el Modelo de Regresión definido y el consumo eléctrico real medido semanalmente (suma de los valores de los 7 analizadores de redes asociados a Máquinas Productivas); entre el sumatorio del consumo eléctrico obtenido semanalmente de aplicar el Modelo de Regresión definido.

$$\text{IDEn10} = [\sum(\text{kWh modelo semanales} - \text{kWh reales semanales}) / \sum(\text{kWh modelo semanales})] \times 100$$

IDEn10 > 0% → se está siendo más eficiente de lo esperado (equivale al porcentaje acumulado de ahorro desde la semana inicial y hasta la semana final).

IDEn10 < 0% → se está siendo menos eficiente de lo esperado, (equivale al porcentaje acumulado de sobreconsumo desde la semana inicial y hasta la semana final).

Indicadores de Climatización Consumo Térmico

Son IDEn asociados al consumo térmico de la climatización y acondicionamiento de producto, es decir, los consumos que evalúan estos indicadores están asociados a los valores registrados por el analizador de las calderas de generación de agua caliente para climatización y ACS. Para ello, se define el modelo de regresión lineal multivariable que representa la evolución del desempeño energético semanal de dicha instalación desde el punto de vista térmico.

$$\text{kWh}_t \text{ semanales climatización} = 143.990,100 + 444,8589 \times \text{horas/semana} - 7.504,564 \times T^{\text{a}} \text{ Media Ext.}, \text{ donde:}$$

- Horas/semana: horas productivas de planta semanales



- Tª Media Ext: Temperatura Media Exterior semanal

Los parámetros estadísticos del modelo de regresión son los siguientes:

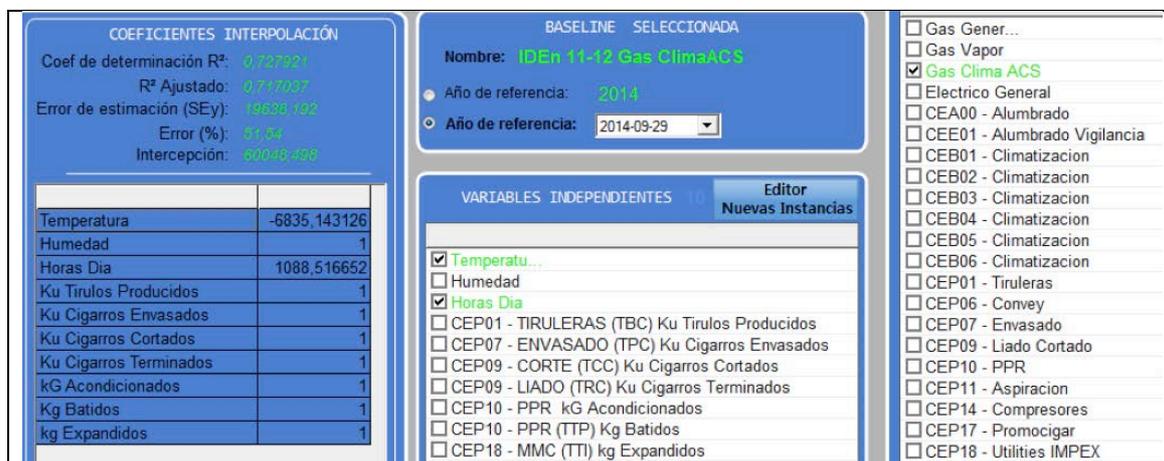


Figura 61. Parámetros estadísticos del modelo de regresión de climatización consumo térmico en el programa SCADA. [Fuente: Fábrica T.]

IDEn11: Relación entre la diferencia del consumo térmico semanal real medido (valores asociados al contador de las calderas de agua caliente para climatización y ACS) y el consumo eléctrico semanal obtenido de la aplicación del Modelo de Regresión definido; y el consumo energético semanal obtenido de la aplicación del Modelo de Regresión definido.

$$\text{IDEn11} = \frac{[(\text{kWh reales semanales} - \text{kWh modelo semanales}) / \text{kWh modelo semanales}] \times 100}{}$$

IDEn11 > 0% → se está siendo menos eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de sobre consumo semanal).

IDEn11 < 0% → se está siendo más eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de ahorro semanal).

IDEn12: Indicador de Tendencia Acumulada Térmica Relativa de Climatización: Relación del sumatorio de las diferencias del consumo térmico obtenido semanalmente de aplicar el Modelo de Regresión definido y el consumo térmico real medido semanalmente (valores asociados al contador de las calderas de agua



caliente para climatización y ACS); entre el sumatorio del consumo térmico obtenido semanalmente de aplicar el Modelo de Regresión definido.

$$\text{IDEn14} = \left[\frac{\sum(\text{kWh modelo semanales} - \text{kWh reales semanales})}{\sum(\text{kWh modelo semanales})} \right] \times 100$$

IDEn12 > 0% → se está siendo más eficiente de lo esperado (equivale al porcentaje acumulado de ahorro desde la semana inicial y hasta la semana final).

IDEn12 < 0% → se está siendo menos eficiente de lo esperado, (equivale al porcentaje acumulado de sobreconsumo desde la semana inicial y hasta la semana final).

Indicadores de Vapor Consumo Térmico

Son IDEn asociados al consumo térmico de la maquinaria productiva, es decir, los consumos que evalúan estos indicadores están asociados a los valores del contador de la caldera de generación de vapor para proceso. Para ello, se define el modelo de regresión lineal multivariable que representa la evolución del desempeño energético semanal de dicha instalación desde el punto de vista térmico.

$$\text{kWh}_t \text{ semanales Climatización} = -1.732,575 + 0.07230788 \times \text{ku Acondicionados} + 0.603672 \times \text{ku Batidos} + 2,816981 \times \text{kg Expandidos} + 101,2337 \times \text{horas/semana}$$

donde:

- Horas/semana: horas productivas de planta semanales.
- kg Batidos (PPR): kg Batidos tratados semanalmente.
- kg Acondicionados (PPR): kg de Acondicionados tratados semanalmente.
- kg Expandidos (IMPEX): kg Expandidos tratados semanalmente.

Los parámetros estadísticos del modelo de regresión son los siguientes:



Figura 62. Parámetros estadísticos del modelo de regresión de vapor consumo térmico en el programa SCADA. [Fuente: Fábrica T.]

IDEn13: Indicador de Eficiencia Térmica General Relativo de Climatización: Relación entre la diferencia del consumo térmico semanal real medido (valores asociados al contador de la caldera de vapor) y el consumo térmico semanal obtenido de la aplicación del Modelo de Regresión definido; y el consumo energético semanal obtenido de la aplicación del Modelo de Regresión definido.

$$IDEn13 = [(kWh \text{ reales semanales} - kWh \text{ modelo semanales}) / kWh \text{ modelo semanales}] \times 100$$

IDEn13 > 0% → se está siendo menos eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de sobre consumo semanal)

IDEn13 < 0% → se está siendo más eficiente de lo esperado (representa el porcentaje de ahorro semanal)

IDEn14: Indicador de Tendencia Acumulada Térmica Relativa de Maquinaria: Relación del sumatorio de las diferencias del consumo térmico obtenido semanalmente de aplicar el Modelo de Regresión definido y el consumo térmico real medido semanalmente (valores asociados al contador de la caldera de vapor); entre el sumatorio del consumo eléctrico obtenido semanalmente de aplicar el Modelo de Regresión definido.



$$\text{IDEn14} = \left[\frac{\sum(\text{kWh modelo semanales} - \text{kWh reales semanales})}{\sum(\text{kWh modelo semanales})} \right] \times 100$$

IDEn14 > 0% → se está siendo más eficiente de lo esperado (equivale al porcentaje acumulado de ahorro desde la semana inicial y hasta la semana final).

IDEn14 < 0% → se está siendo menos eficiente de lo esperado, (equivale al porcentaje acumulado de sobreconsumo desde la semana inicial y hasta la semana final).

4.3.2.2. Línea Base Energética

Una línea de base energética es aquella referencia cuantitativa que sirve para proporcionar la base de comparación del desempeño energético de la Fábrica T.

Para ello en esta fábrica se ha establecido una Línea de Base Energética para cada fuente de energía actual (red de electricidad y red de gas), considerando para su formación la documentación existente procedente de auditorías energéticas realizadas con anterioridad, estudios energéticos y revisiones energéticas.

Las Líneas Bases para cada fuente de energía se establecen mediante un modelo de regresión lineal multivariable (método de Gauss-Jordan), tomando como variable dependiente el consumo energético semanal (kWh/semanal), medido por los analizadores de energía eléctrica y térmica, y como variables independientes las siguientes:

- **kg de tabaco batido:** kg de tabaco batidos semanalmente. Su valor viene dado por la suma de los pesos de las cajas obtenidas.
- **kg de tabaco acondicionado:** kg de tabaco acondicionados semanalmente. Su valor viene dado por la suma de los pesos de las cajas obtenidas
- **kg de tabaco expandido:** kg de tabaco expandidos semanalmente. Su valor viene dado por la suma de los pesos de las cajas obtenidas.



- **kuds de Tirulos:** *kuds de Tirulos producidos semanalmente. Su valor viene dado por la suma de tirulos realizados cada turno a través de los partes de producción.*
- **kuds de Cigarros Liados:** *kuds de Cigarros Liados producidos semanalmente. Su valor viene dado por la suma de cigarros liados realizados cada turno a través de los partes de producción.*
- **kuds de Cigarros Terminados:** *kuds de Cigarros Terminados producidos semanalmente. Su valor viene dado por la suma de cigarros terminados realizados cada turno a través de los partes de producción.*
- **kuds de Cigarros Envasados:** *kuds de Cigarros Envasados producidos semanalmente. Su valor viene dado por la suma de las unidades de cigarros envasados cada turno mediante recuento físico.*
- **Horas Productivas Semanales:** *Las horas productivas semanales se calculan en función del calendario laboral de la siguiente forma: Horas Semana=días laborables Lunes a Viernes/7 días*16horas.*
- **Tª Media Exterior:** *Tª media de la semana tomada desde el lunes a las 00:00 hasta el domingo a las 23:59:59, obtenida de la sonda de temperatura exterior situada en el tejado de la nave.*

Estas Líneas Base se establecen a partir de los consumos de energía eléctrica y térmica semanales y los valores semanales de las diferentes variables independientes durante un año completo (52 semanas), por lo que el número de valores de la muestra serán de 52.

El número de variables independientes que intervendrán en el modelo vendrán determinado por el cumplimiento de las condiciones de validación del modelo matemático de regresión.

La condición de validación de los modelos de regresión es la siguiente:

- Coeficiente R^2 ajustado $>0,75$

Donde R^2 es el coeficiente de determinación ajustado.



Linea Base Eléctrica

Variables dependientes:

- TOTAL de Energía Eléctrica (kWh/semana): Consumo total de energía eléctrica semanal de la Fábrica en Alta Tensión en kWh/semana. Se mide mediante analizador de redes comunicado con el SCADA de la Fábrica.

Variables independientes:

- kg Batidos (PPR): kg Batidos tratados semanalmente.
- kg Acondicionados (PPR): kg de Acondicionados tratados semanalmente.
- kg Expandidos (IMPEX): kg Expandidos tratados semanalmente.
- kuds de Tirulos: kuds de Tirulos producidos semanalmente.
- kuds de Cigarros Liados: kuds de Cigarros Liados producidos semanalmente.
- kuds de Cigarros Cortados: kuds de Cigarros Cortados producidos semanalmente.
- kuds de Cigarros Envasados: kuds de Cigarros Envasados producidos semanalmente.
- Horas Productivas Semanales.
- T^a Media Exterior: T^a media de la semana.

Parámetros estadísticos

En la figura 63 se recogen los diferentes parámetros utilizados para la creación de la línea base eléctrica, viendo que el coeficiente de regresión ajustado es mayor que 0,75, se puede dar por válido, ya que cumple la condición de validez



Figura 63. Ejemplo de esquematización de variables dependientes e independientes para Línea Base Eléctrica. [Fuente: Fábrica T.]

Línea Base Térmica

Variable dependiente:

- **TOTAL de Energía Térmica (kWh/semana):** Consumo total de energía térmica semanal de la fábrica en kWh/semana. Se mide mediante el analizador de gas, que mide m³ de gas/semana. Para obtener kWh/semana se multiplica por el poder calorífico superior del Gas Natural.

Variables independientes:

- Horas Productivas Semanales.
- T^a Media Exterior: T^a media de la semana
- kg Batidos (PPR): kg Batidos tratados semanalmente.
- kg Acondicionados (PPR): kg de Acondicionados tratados semanalmente.

Parámetros estadísticos

En la figura 64 se pueden observar los diferentes parámetros utilizado para la creación de la línea base térmica. Se comprueba que el coeficiente de regresión ajustado es menor que 0,75, por lo que no cumple con la condición de validez. Se llegó a la conclusión de que esto sucede porque, la variable independiente del tabaco acondicionado no estaba completa porque fue un proceso que se paró en mitad del año.



Figura 64. Ejemplo de esquematización de las variables dependientes e independientes para Línea Base Térmica. [Fuente: Fábrica T.]

Tanto la Línea Base Eléctrica como Térmica se revisan y actualizan con carácter anual.

La realización de ajustes o cambios en alguna de estas Líneas se han de realizar cuando se den alguna de las siguientes circunstancias, ya que así lo refleja la Norma ISO 50001:

- Ya no reflejan el uso y consumo de la energía de la organización.
- Se han realizado cambios importantes en los procesos, patrones de operaciones o sistemas de energía.
- Si así lo establece un método determinado.

4.3.2.3. Revisión Energética

Según lo descrito en el apartado de Sistema de Gestión Energético, en la revisión energética se debe analizar el uso y consumo de la energía basándose en mediciones identificando las fuentes de energía actuales y evaluar el uso y consumo pasados y presentes de la energía. También la norma manifiesta que basándose en el análisis del uso y el consumo de la energía hay que identificar las áreas de uso significativo de la energía. Y por ultimo, la norma expone que hay que identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético.



Uso y Consumo

Se empieza analizando el uso y consumo del año 2016, por ello:

El consumo del año 2016 en kWh y su coste fue

Tabla 11. Consumo de los suministros energéticos durante el año 2016.

2016	kWh	%kWh	€ año	%€
ELECT	7.149.015	72%	792.515	87%
GAS	2.869.190	28%	118.273	13%
TOTAL	10.018.205	100%	910.788	100%

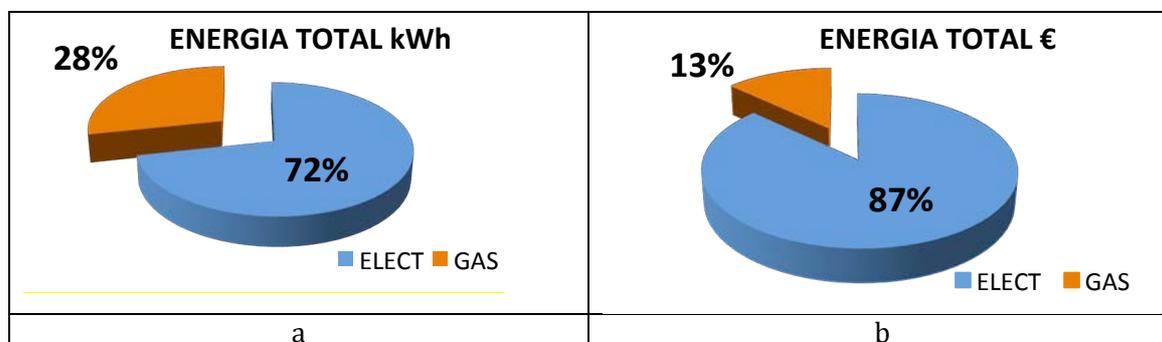


Figura 65. a. Gráfica sobre la energía total en kWh. b. Gráfica sobre la energía total en €. [Fuente: Fábrica T.]

En la figura 65 se puede apreciar que el consumo más significativo en la fábrica es el de energía eléctrica

Energía eléctrica

Gracias a los 22 analizadores de red instalados en la fábrica se tiene la distribución del consumo eléctrico de la Fábrica T. En la figura 66 se recoge la distribución de consumo eléctrico durante el año 2016.

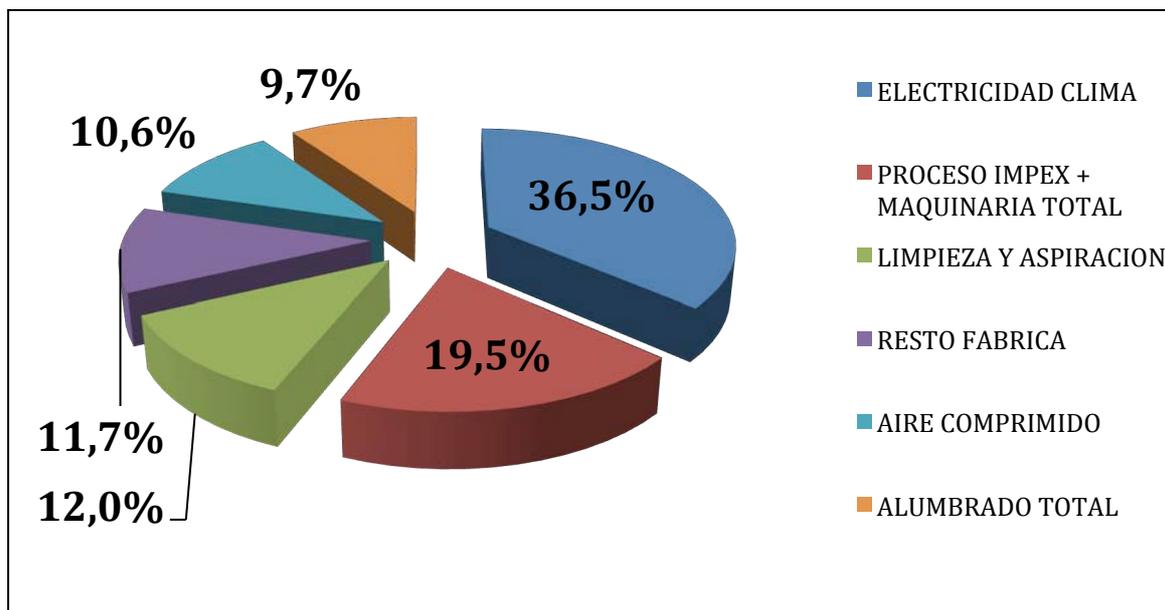


Figura 66. Distribución del consumo eléctrico durante el año 2016. [Fuente: Fábrica T.]

TOTAL ELECTRICIDAD 2016	kWh	%
ELECTRICIDAD CLIMA	2.608.387	36%
PROCESO IMPEX + MAQUINARIA TOTAL	1.396.488	20%
LIMPIEZA Y ASPIRACION	856.829	12%
RESTO FABRICA	832.958	12%
AIRE COMPRIMIDO	760.684	11%
ALUMBRADO TOTAL	693.670	10%
TOTAL	7.149.015	100%

Imputado energéticamente a maquinaria, también existe un porcentaje que corresponde a iluminación, es el de las luminarias conectadas directamente a las máquinas que refuerzan el alumbrado de la zona de trabajo.

En el apartado de resto de fábrica se encuentran zonas que no se pueden analizar ya que no cuentan con analizador. Estos consumos están asociados a la zona de recarga de baterías de las carretillas, a la zona de muelle de carga y al uso de electricidad de oficinas y a la climatización de éstas, ya que es un sistema aparte del resto de climatización de la fábrica.

También se puede observar que la climatización es el proceso que mayor consumo representa, puesto que es un tercio del consumo eléctrico.



Consumos mensuales en el año 2016

Se va a desglosar los consumos eléctricos de manera mensual. Para ello, se van a utilizar datos del año 2012, ya que es el año de referencia en cuanto a consumos energéticos y el año 2015 para ver el progreso del último año.

Tabla 12. Desglose mensual del consume eléctrico.

ELECTRICIDAD							
kWh	2016	2015	2012	€	2016	2015	2012
Ene	549.926	756.391	586.673	Ene	75.483	104.982	80.669
Feb	568.525	622.949	597.697	Feb	78.025	87.828	81.179
Mar	580.092	546.063	648.480	Mar	68.182	58.032	66.364
Abr	477.529	610.522	529.156	Abr	51.323	57.971	51.425
May	618.260	620.563	810.717	May	60.201	59.030	74.270
Jun	740.085	627.294	828.980	Jun	83.079	80.855	100.251
Jul	616.981	726.678	709.702	Jul	75.504	109.602	101.040
Ago	548.109	581.211	716.308	Ago	51.153	57.655	58.117
Sep	709.508	685.908	725.929	Sep	70.740	75.778	74.532
Oct	619.263	717.671	761.480	Oct	60.422	73.605	71.454
Nov	556.922	591.989	664.115	Nov	59.910	68.100	69.346
Dic	434.212	418.755	525.946	Dic	58.493	61.125	74.610
Total	7.149.015	7.505.994	8.105.183	Total	792.515	894.563	903.255

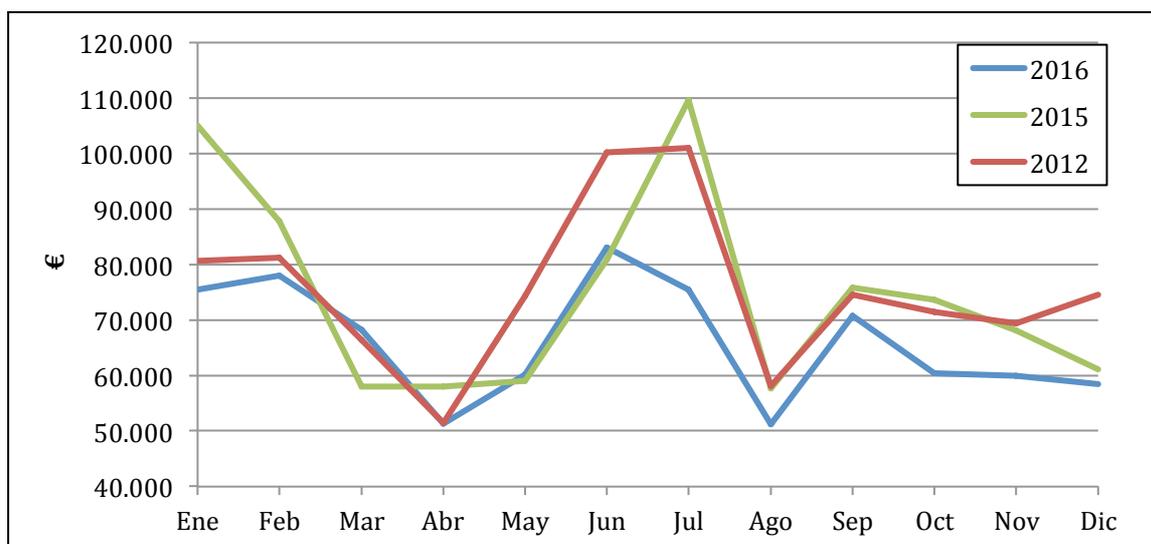


Figura 67. Ilustración del gasto en € desglosado mensualmente. [Fuente: Fábrica T.]

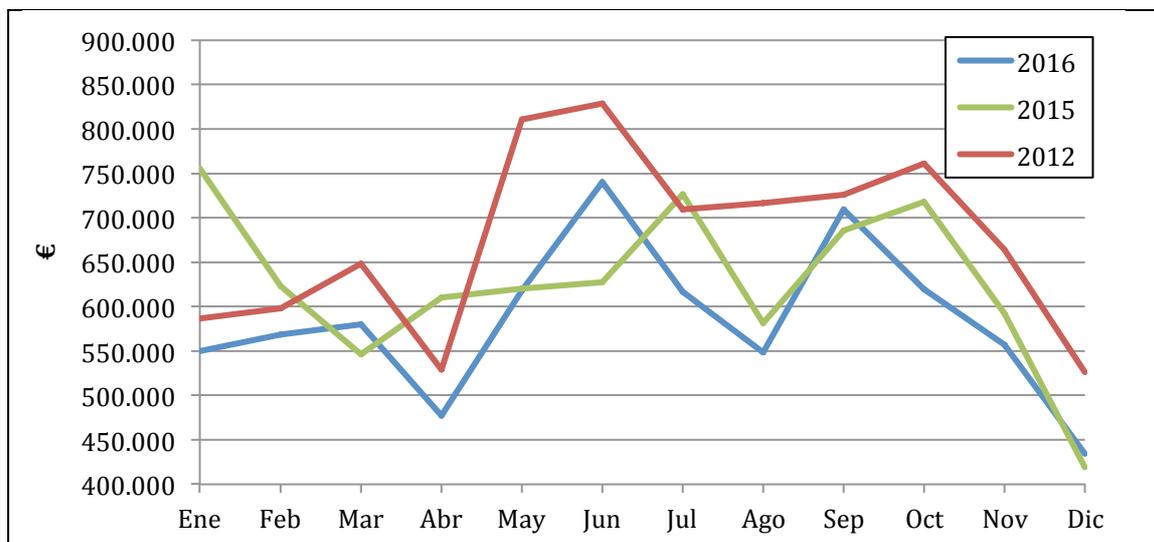


Figura 68. Ilustración del gasto en kWh desglosado mensualmente. [Fuente: Fábrica T.]

En las figuras 67 y 68 se pueden observar las diferencias de consumo existentes entre el año 2012 y los años 2015 y 2016

Línea base eléctrica.

En este apartado se va a llevar a cabo el cálculo del porcentaje del ahorro de energía eléctrica a lo largo del año 2016. Esto es así porque se va a analizar el IDEn2, ya que es el Indicador que relaciona todos los analizadores de energía relacionados con el consumo eléctrico. Recordemos la definición del IDEn2:

$$\text{IDEn2} = \left[\frac{\sum(\text{kWhLB eléctrica semanales} - \text{kWh Reales semanales})}{\sum(\text{kWhLB eléctrica semanales})} \right] \times 100$$

Donde el kWh L.B. eléctrica es la predicción del consumo eléctrico en el año que se realice la Línea Base, que en nuestro caso fue una vez acabado el año 2016 y los kWh Reales semanales son los kWh consumidos reflejados en la factura.

Por lo tanto:

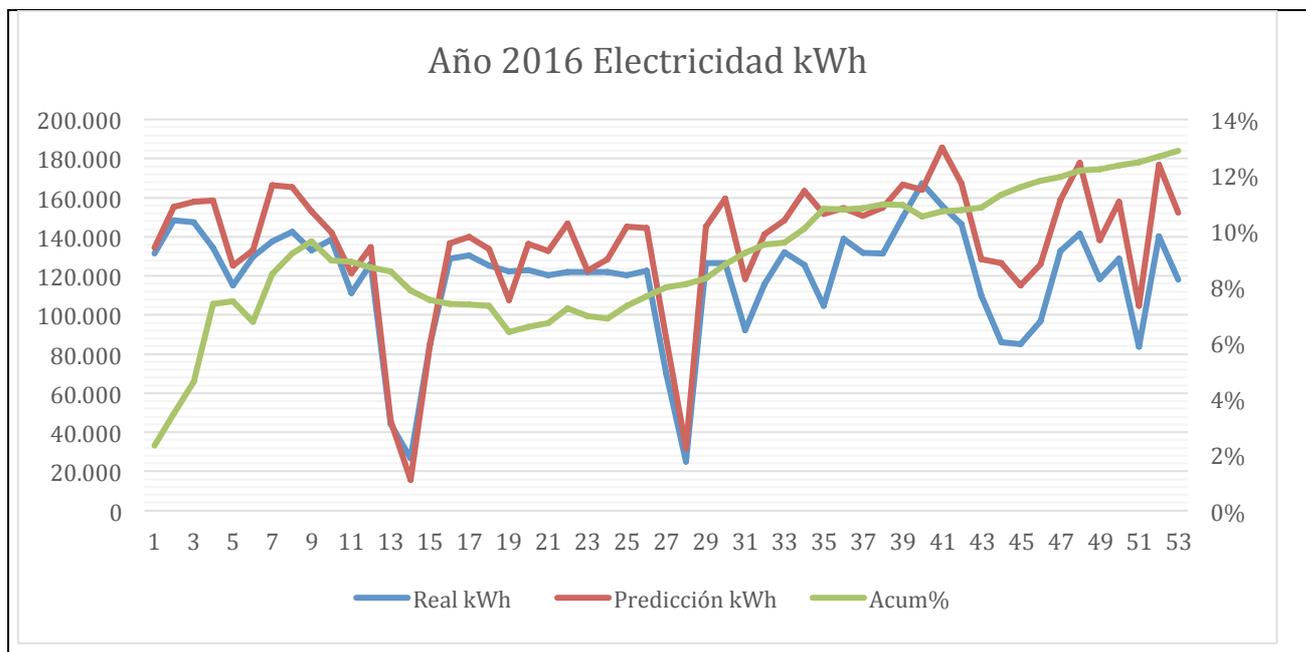


Figura 69. Gráfica con el porcentaje del ahorro eléctrico real año 2016. [Fuente: Fábrica T.]

El porcentaje de ahorro en energía eléctrica fue del 12,88% respecto a la Línea Base basándose en el año 2016 y el consumo real durante este mismo año.

Energía Térmica

El gas natural es consumido por la caldera generadora de vapor, y por las calderas destinadas a climatización y ACS.

En la figura 6 se puede observar un desglose del uso de esta energía en el año 2016:

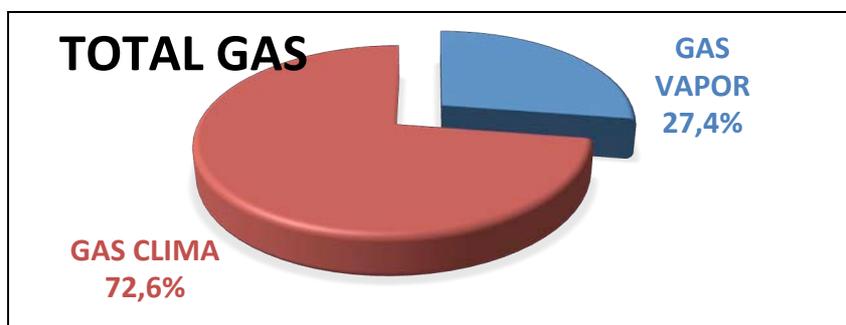


Figura 70. Desglose del uso del gas natural. [Fuente: Fábrica T.]



	Kwh	%
VAPOR	767.352	27%
CLIMA	2.101.838	73%
TOTAL	2.869.190	100%

Consumos mensuales de gas en el año 2016

Al igual que con el consumo eléctrico, se va a analizar el consumo mensual teniendo en vista el año 2012, ya que es el año de referencia. El precio del kWh es de 0,032380 €.

En la tabla 13 se muestra el precio de factura y kWh consumidos mes a mes en los años 2012, 2015 y 2016:

Tabla 13. Consumos de gas durante los años 2016, 2015 y 2012. [Fuente: Fábrica T.]

GAS							
kWh	2016	2015	2012	€	2016	2015	2012
Ene	287.978	602.781	459.173	Ene	11.237	21.266	15.821
Feb	475.707	533.081	607.324	Feb	17.182	19.046	20.664
Mar	434.237	363.514	379.878	Mar	15.911	14.196	13.642
Abril	207.760	263.219	288.863	Abril	8.590	10.409	11.243
May	203.170	286.500	310.358	May	9.419	11.135	11.778
Jun	200.611	211.281	177.105	Jun	10.230	8.670	7.463
Jul	151.791	112.655	146.679	Jul	6.764	5.437	6.555
Ago	95.007	76.317	126.825	Ago	4.906	4.246	5.901
Sept	212.407	152.895	163.524	Sept	8.759	6.756	7.109
Oct	138.150	170.903	260.438	Oct	5.616	7.346	10.231
Nov	238.790	318.566	417.402	Nov	8.913	12.186	15.356
Dic	288.873	297.212	397.567	Dic	10.747	11.462	14.708
Total	2.869.190	3.388.924	3.735.136	Total	118.273	132.156	140.472

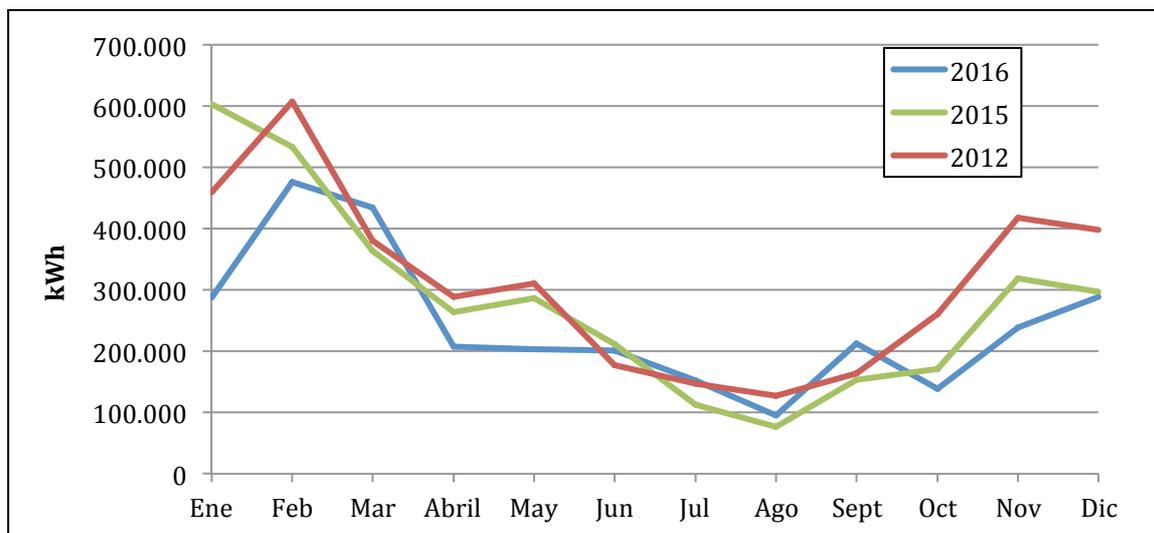


Figura 71. Ilustración del gasto de gas en kWh desglosado por meses. [Fuente: Fábrica T.]

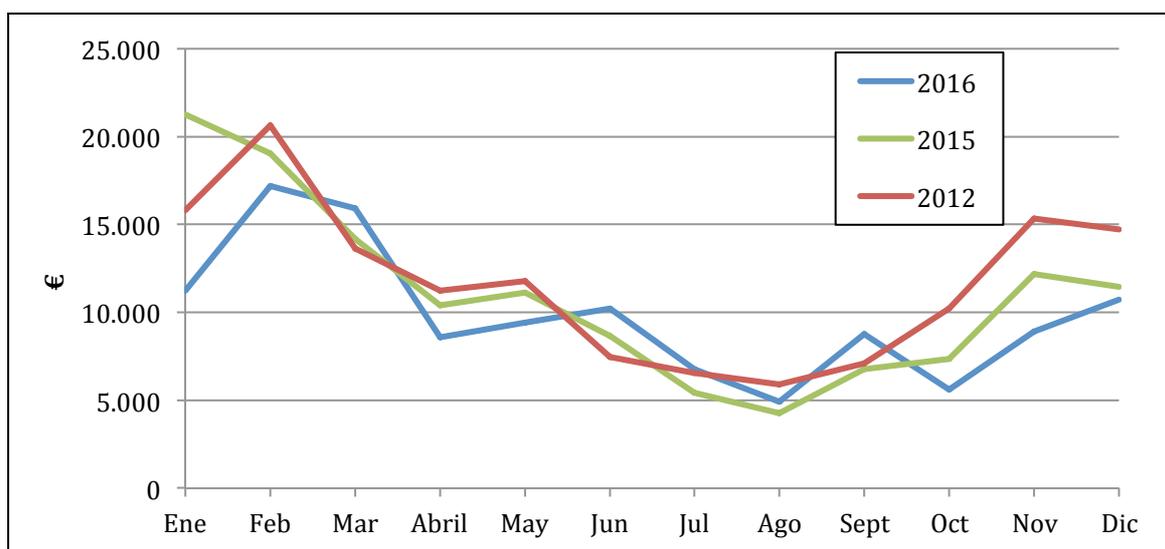


Figura 72. Ilustración del gasto de gas en € desglosado por meses. [Fuente: Fábrica T.]

En las figuras 71 y 72 se pueden observar las diferencias de consumo existentes entre el año 2012 y los años 2015 y 2016.

Línea Base Térmica

En este apartado pasa lo mismo que con la Línea Base eléctrica pero con otro Indicador, en este caso es el IDEn4. Recordemos su definición:

$$\text{IDEn4} = \left[\frac{\sum(\text{kWhLBtérmica semanales} - \text{kWh Reales semanales})}{\sum(\text{kWhLBtérmica semanales})} \right] \times 100$$



Donde el kWh L.B. térmica es la predicción del consumo térmico en el año que se realice la Línea Base, que en este caso es el año 2015, y los kWh Reales semanales son los kWh consumidos reflejados en la factura.

Por lo tanto:

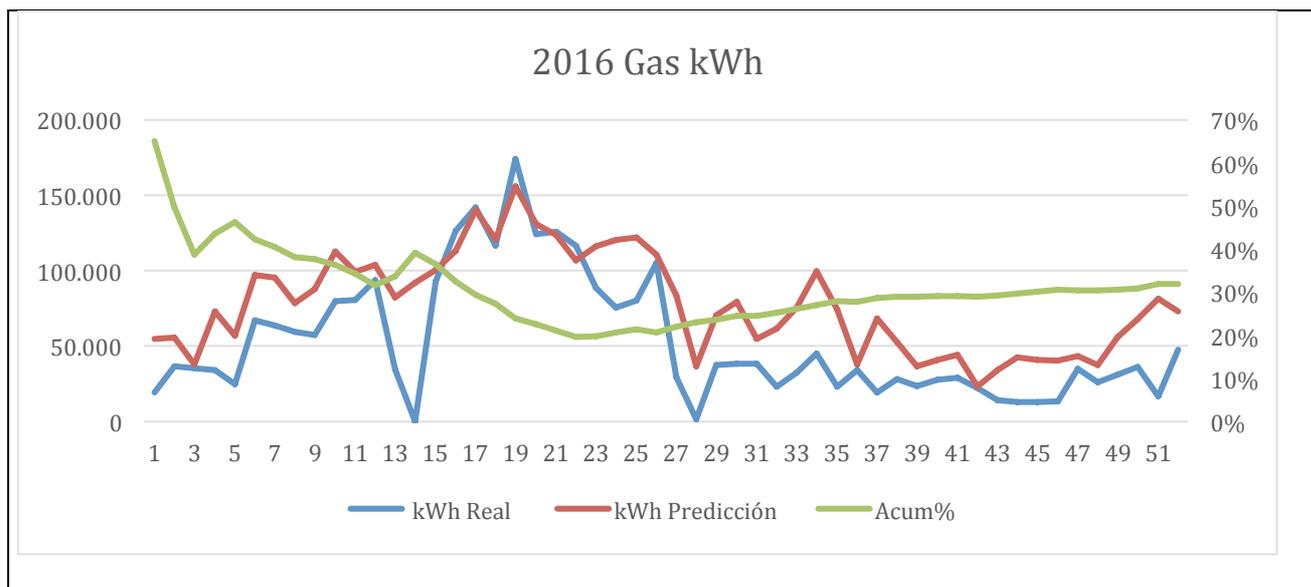


Figura 73. Gráfica con el porcentaje del ahorro térmico real. [Fuente: Fábrica T.]

El porcentaje de ahorro en energía eléctrica fue del 30% respecto a la Línea Base basándose en el año 2016 y el consumo real durante este mismo año.

Área de uso significativo

Siguiendo el guión de la norma ahora toca identificar las áreas de uso significativo de la energía siendo así:



Tabla 14. Porcentaje y consumo desglosa en los diferentes analizadores. [Fuente: Fábrica T.]

CUADRO	kWh	EQUIPOS	%
Clima	1.741.656	Consumo gas caldera Clima+ACS	17,1%
CEB01	1.224.409	Enfriadoras y bombeo de agua fría y agua caliente.	12,0%
Vapor	1.151.344	Consumo gas caldera generadora de vapor.	11,3%
CEP09	762.674	Maquinaria Liado	7,5%
CEP14	760.684	Compresores, secadores y torre de refrigeración.	7,5%
Resto	742.596	Cantidad no controlada	7,3%
CEP11	672.899	Limpieza y aspiración de polvo	6,6%
CEB04	447.688	UCL-01, UCL-02, UCL-03, UTA-01, UTA-02	4,4%
CEE01	429.868	Alumbrado circuito normal	4,2%
CEB06	390.345	UCL-22, UCL-23, UCL-24, UCL-25, UCL-26, UTA-09, UTA-10	3,8%
CEA00	263.802	Alumbrado de vigilancia	2,6%
CEP01	226.360	Maquinaria Tiruleras	2,2%
CEB02	224.997	UCL-09,10,19,20,21, UTA-03-04, UTA-06, UTA-07, UTA-08	2,2%
CEP17	194.249	Maquinaria Promocigar	1,9%
CEP07	194.249	Maquinaria Envasado	1,9%
CEB05	177.920	UCL-04, UCL-05, UCL-11, UCL-12, UCL-13, UCL-15, UCL-18	1,7%
CEB03	143.028	UCL-06, UCL-07, UCL-08, UCL-14, UCL-16, UCL-17, UTA-5	1,4%
CEP10	131.933	Maquinaria PPR	1,3%
Donaldson	102.199	ASPIRACION TIRULERAS	1,0%
Riedel	81.731	ASPIRACION DECOUFLES	0,8%
CEP18	40.899	Utilities+Handling	0,4%
CEP06	25.517	Convey	0,3%

Este desglose se puede conseguir gracias a los diferentes analizadores instalados en la fábrica, explicados en el apartado de analizadores de red.

Al ordenar los consumo de mayor a menor, es evidente, que climatización es nuestro mayor punto de consumo. Se debe tener en cuenta en nuestras futuras propuestas de mejoras. Además el uso de la caldera de generación de vapor para producción esta en tercer lugar.

Oportunidad para mejorar el desempeño energético

1º Proyecto. Sustitución de caldera de climatización

Se considera la idea de sustituir una caldera generadora de agua caliente por una nueva más eficiente, tipo caldera de condensación. Según el estudio realizado, la nueva caldera usaría un 10% menos en el consumo de gas que la caldera existente ahora. Siendo este el estudio de estimación de ahorro:



Ahorros Kwh/año	Ahorros €/año	Implementación €	Tiempo de retorno
200.000	6.984	25.200	3.6

2º Proyecto: Automatización de los Fan Coils de oficinas.

Este es un subproyecto que esta ligado a un proyecto mayor para la mejora de la climatización el la fábrica.

Actualmente en cada ofician se dispone de un regulador donde se enciende y se apaga el fan coil correspondiente de manera manual. Esto ocasiona que queden equipos encendidos durante grandes intervalos de tiempo sin encontrarse nadie en dichas estancias.

3º Proyecto: Cambio de iluminación

Sustitución de las luminarias existentes en la oficinas de toda la Fábrica T por unas de menor consumo. Dichas oficinas, mantienen su iluminación alrededor de 16 horas al días. Realizando un estudio sobre la amortización de un cambio de luminarias por otras que se puedan usar un 50% menos que las instaladas actualmente.

Ahorros Kwh/año	Ahorros €/año	Implementación €	Tiempo de retorno
2.600	250	2.220 €	10

Se puede ver que el tiempo de retorno de este proyecto es muy grande, por eso aun no se ha implementado ya que necesita una revisión.

Futuras mejoras que no llegan a ser proyectos:

- Concienciación continua a los trabajadores sobre el uso correcto de la energía
- Reducción de pérdidas en el consumo de aire comprimido, con la reparación de fugas.



A continuación se va a enunciar los proyectos y acciones ya llevadas a cabo antes de esta revisión energética:

- Proyecto 1. Mejoras operacionales:
 - -Reducción de fugas de aire comprimido: Durante el año 2015 se realizó una captura de todas las fugas de aire existentes en el taller de elaboración y en puntos críticos de otras zonas. Todas ellas han sido reparadas. No obstante, la reparación de las fugas de aire comprimido es una acción que se debe llevar a cabo a lo largo del tiempo.
 - Colocación de aislantes térmicos: Dichos aislantes han sido colocados en la red de distribución de vapor a distintos puntos de la red.
- Proyecto 2. Control variables en bombeo en agua caliente, agua fría y en el control de vacío:
 - Las bombas de cada sistema nombradas funcionaban a velocidad fija. Este funcionamiento era un desperdicio debido a que era bombea más agua y más aspiración de lo necesario. Se colocó en cada bomba un variador de velocidad, los cuales aumentan o disminuyen la velocidad dependiendo de la demanda.
- Proyecto 3. Sustitución de una enfriadora:
 - Anteriormente se disponía de 3 enfriadores idénticas, con una antigüedad de 13 años y un funcionamiento fijo. Se ha sustituido una de ellas por otra más eficiente y con funcionamiento variable.
- Proyecto 4. Mejoras en el sistema de climatización:
 - Subproyecto 1: Optimización de hora de arranque del sistema de climatización general. Anteriormente, se fijaba una hora de arranque, que en algunos casos eran innecesarios. Ahora el arranque del sistema de climatización es distinto cada día, ya que las condiciones de las instalaciones y la meteorología también lo son. Optimizando así el tiempo de funcionamiento de los instrumentos.



- Subproyecto 2: Reducción en el tiempo de apertura de freecooling. Mediante sondas medidoras de concentración de CO₂ instaladas en la Fábrica T, se regula la apertura del freecooling. De esta manera, si no es necesario para la reducción de las concentraciones de CO₂ establecidas como seguras por el ministerio de sanidad, no hay apertura. Con ello se reduce el consumo de agua caliente para la climatización de la nave.

4.3.2.4. Objetivos, Metas y Planes de Acción

Una vez realizada la Revisión Energética el siguiente paso consiste en llevar a cabo la definición, desarrollo e implementación de metas, objetivos y planes de acción para la mejora del desempeño energético de la Fábrica T.

De cara a la mejora continua del desempeño energético la Fábrica T ha de contar con un plan de acción de objetivos de desempeño energético realista que siga la siguiente estructura:

- Establecimiento de objetivos de mejora mediante el análisis por parte del responsable del Sistema de Gestión Energético, dando los resultados de desempeño energético de los distintos años y su comparación con los correspondientes con la línea base, a través de los Indicadores de Desempeño Energéticos.
- Propuesta de objetivos del responsable del Sistema de Gestión Energética a la Dirección con capacidad de aprobación del plan de acción de objetivos y metas; estos objetivos deberán ser principalmente de desempeño energético, de carácter técnico y cuantificable en la medida de lo posible, pudiendo ser contemplados otros objetivos no cuantificables de gestión de la energía enfocados a actividades de divulgación o sensibilización de la opinión pública.
- En caso de nuevos desarrollos, productos o actividades, el plan de objetivos se modificará si se estima conveniente para ajustarse a la nueva realidad. Esto puede ocurrir por evoluciones de la tecnología que permitan



la sustitución, modificación o ampliación de las instalaciones, equipos y servicios de la Fábrica T.

El objetivo número 1 impuesto por la fábrica en la Revisión del año anterior fue la disminución de un 15% del consumo de energía eléctrica acumulada respecto a la Línea Base Eléctrica tomada para el año 2016. Para la reducción de la demanda eléctrica se ha cumplido las siguientes metas marcadas por el responsable del Sistema de Gestión Energético y aprobadas por la dirección:

- Meta 1: Concienciación de todo el personal de la Fábrica T sobre el uso inteligente de la energía.
- Meta 2: Reducción de fugas en la red de aire comprimido.
- Meta 3: Control variable en bombas de circuito secundario de agua caliente.
- Meta 4: Control variable en bombas de circuito secundario de agua fría.
- Meta 5: Optimización hora de arranque del sistema de climatización.
- Meta 6: Perfeccionamiento del sistema de freecooling.
- Meta 7: Control variable en bombas de circuito de sistema de vacío.
- Meta 8: Cambio de enfriadora por una más eficiente.

Después de un estudio de propuestas e ideas para mejorar el consumo, estas metas fueron las elegidas por el responsable para la reducción en un 15% del desempeño energético del sistema eléctrico de la fábrica.

Como se puede observar en la Revisión energética del año 2016 el porcentaje de disminución ha sido de un 12,88%. Por lo tanto se puede decir que el primer objetivo impuesto por la Fábrica T ha sido cumplido. Esto ha sido gracias al cumplimiento de las metas y planes de acción llevadas a cabo durante el año 2016.

El objetivo número 2 impuesto por la fábrica en la Revisión del año anterior fue la disminución de un 10% del consumo de energía térmica acumulada respecto a la Línea Base Eléctrica tomada para el año 2016. Para la reducción de la demanda



térmica se ha cumplido las siguientes metas marcadas por el responsable del Sistema de Gestión Energético y aprobadas por la dirección:

- Meta 1: Concienciación de todo el personal de la Fábrica T sobre el uso inteligente de la energía.
- Meta 2: Aislamiento en válvulas y tuberías de los conductores de vapor.
- Meta 3: Optimización de las horas de arranque del sistema de climatización.
- Meta 4: Control variable en bombas de circuito de sistema de vacío.
- Meta 5: Mejora en el sistema de freecooling.

Después de un estudio de propuestas e ideas para mejorar el consumo, estas metas fueron las elegidas por el responsable para la reducción en un 10% el desempeño energético del sistema térmico de la fábrica.

Como se puede observar en la Revisión Energética del año 2016 el porcentaje de disminución ha sido de un 30%. Por lo tanto se puede decir que el segundo objetivo impuesto por la Fábrica T ha sido cumplido. Esto ha sido gracias al cumplimiento de las metas y planes de acción llevadas a cabo durante el año 2016.

Los objetivos para el año 2017 deben de ser definidos por la Alta Dirección acorde con los resultado obtenidos en la revisión del año anterior.

4.3.3.Verificación

La aplicación de este procedimiento es la de asegurar que las características claves de las operaciones de la Fábrica T que determinan el desempeño energético se sigan, se midan y se analicen a intervalos planificados.

Para ello se hace un seguimiento de los Indicadores de Desempeño Energéticos. En la Fábrica T este seguimiento se realiza semanalmente por el responsable del sistema. En el se registran los consumo producidos usando los IDEn, ya que están definidos, la producción de cigarrillos y el consumo energético según las Líneas Bases Energéticas.



Este registro queda grabado en un archivo informático al alcance de toda persona relacionada con el sistema.

4.3.3.1. Programa de trabajo

En este apartado lo que se consigue es tener un seguimiento de los distintos proyectos estudiados en la fábrica T.

Proyecto 1, 2 y 3. Cambios de control de variable en agua caliente, agua fría y sistema de vacío.

- Este proyecto se llevo a cabo en todas sus fases a finales del año 2015.

Proyecto 4. Sustitución de enfriadora.

- Este proyecto se llevo a cabo en el año 2016.

Proyecto 5. Sustitución de luminarias en la fábrica.

- Este proyecto todavía este en proceso de aprobación. Es un proyecto con un gran tiempo de retorno y se esta estudiando la posibilidad de cambiar las características iniciales. Este proyecto esta planificado para instalarlo en el año 2018.

Proyecto 6. Mejoras en el sistema de climatización.

Este proyecto engloba principalmente a tres subproyectos:

- Regulación de cantidad de CO2 en freecoolings. Este proyecto esta acabado y se realizo en el año 2016
- Automatización de fan coils en las oficinas. Este proyecto esta aprobado, pero aun queda la fase de instalación en el sistema.
- Optimización de las horas de arranque del sistema de climatización. Proyecto instalado y acabado a lo largo del año 2015.



Proyecto 7. Sustitución de caldera

- Este proyecto ha sido planificado para poder sustituir el equipo en el año 2018 donde se realizara una inversión fuerte. Por lo tanto esta en fase de espera.

4.3.3.2. Auditoria Interna del Sistema de Gestión Energética

La auditoria interna del sistema de Gestión Energética es un instrumento del propio sistema para realizar una medición y supervisión del grado de cumplimiento del mismo.

Este proceso debe tener las siguientes características:

- Ser un proceso sistemático: debe existir una metodología definida, que facilite su realización y permita la comparación de los resultados obtenidos en distintas auditorias.
- Ser un proceso independiente: el equipo auditor seleccionado debe ser objetivo e imparcial, por lo que no debe presentar relación con las áreas auditadas.
- Ser un proceso documentado: durante la auditoria se deben de disponer los registros asociados a los hallazgos y las áreas verificadas.

En la figura 74 se puede ver los aspectos a considerar en una auditoria interna para garantizar su correcta ejecución.



Figura 74. Etapas del proceso de auditoría interna.[Fuente [6].EnergíaCyL]

Planificación de la auditoría: la auditoría debe garantizar que todos los procesos de la Fábrica T son auditados. Para ello, se elabora un Plan de Auditoría Interna, en el que se establecerán las áreas y procesos que serán revisados, así como la fecha y los responsables de dicha revisión.

El equipo auditor debe tener una serie de conocimientos, habilidades y capacidades con el fin de que la auditoría se desarrolle correctamente

Ejecución de la auditoría: el objetivo final de la auditoría interna es conocer el grado de conformidad del Sistema de Gestión Energética de la Fábrica T con los requisitos definidos tanto por la norma como por la propia Fábrica. A lo largo del proceso se podrán detectar los puntos fuertes del Sistema, las oportunidades de mejora del mismo, las no conformidades o incumplimientos de los requisitos.

Elaboración del informe de Auditoría: el informe es el producto final de la auditoría donde se refleja los resultados de está.

En la Figura 75 se puede observar un ejemplo de un informe de auditoría interna llevado a cabo por la Fábrica T.



FABRICA CANTABRIA		INFORME DE AUDITORÍA RESUMEN		HOJA: 2/4 FECHA:	
Nº	NORMA	APARTADOS DE LA NORMA	APARTADOS AUDITADOS	AREAS RESPONS.	TOTAL N. C.
1	ISO 50001:2011	4.1 Requisitos generales	4.1		
2	ISO 50001:2011	4.2 Responsabilidad de la Dirección	4.2		
3	ISO 50001:2011	4.3 Política energética	4.3		
4	ISO 50001:2011	4.7. Revisión por la Dirección	4.7		
5	ISO 50001:2011	4.4.3. Revisión energética	4.4.3		
6	ISO 50001:2011	4.4.4. Línea base energética	4.4.4		
7	ISO 50001:2011	4.4.5. Indicadores de desempeño energético	4.4.5		
8	ISO 50001:2011	4.6.1. Seguimiento, medición y análisis	4.6.1		
9	ISO 50001:2011	4.5.5. Control operacional	4.5.5		
10	ISO 50001:2011	4.5.4.1. Requisitos de la documentación	4.5.4.1		
11	ISO 50001:2011	4.5.4.2. Control de los documentos	4.5.4.2		
12	ISO 50001:2011	4.6.5. Control de los registros	4.6.5		
13	ISO 50001:2011	4.5.6. Diseño	4.5.6		
14	ISO 50001:2011	4.5.7. Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía	4.5.7		
15	ISO 50001:2011	4.5.2. Competencia, formación y toma de conciencia	4.5.2		
16	ISO 50001:2011	4.5.3. Comunicación	4.5.3		
17	ISO 50001:2011	4.6.2. Evaluación del cumplimiento de requisitos legales y otros requisitos	4.6.2		
18	ISO 50001:2011	4.6.4. No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva	4.6.4		
19	ISO 50001:2011	4.4.6. Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía.	4.4.6		
FIRMA AUDITOR/ ES			FIRMA REPRESENTANTE DE LA DIRECCIÓN		

FABRICA		INFORME DE AUDITORÍA		HOJA: 3/4 FECHA:	
Nº NC	NORMA	PUNTO	NO CONFORME		
1	ISO 50001:2011				
(1) Los no conformes han sido aclarados y entendidos (2) Al haberse analizado una muestra, puede haber otros no conformes no detectados en la Auditoria			FIRMA REPRESENTANTE DE LA DIRECCIÓN		
FIRMA AUDITOR/ES			FIRMA REPRESENTANTE DE LA DIRECCIÓN		



FABRICA	INFORME DE AUDITORÍA	HOJA: 4/4 FECHA:
---------	----------------------	---------------------

RELACIÓN DE ASISTENTES

NOMBRE Y APELLIDOS	EMPRESA	DEPARTAMENTO (CARGO)

EXCUSADOS

ANEXOS:

PUNTOS FUERTES:

OPORTUNIDADES DE MEJORA:

OBSERVACIONES:

Figura 75. Ejemplo de informe de auditoria interna Fábrica T. [Fuente: Fábrica T.]

4.3.3.3. No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva

Las desviaciones del comportamiento previsto por la propia organización deben ser inidentificadas y tratadas. Los distintos medios para poder identificar estas desviaciones son las siguientes:

- Evidencias relacionadas con el seguimiento y medición del desempeño energético de la Fábrica T.
- En el día a día de la Fábrica
- En los procesos de auditorias
- En los procesos rutinarios de evaluación del Sistema de Gestión Energética



-Detección de problemas reales o potenciales por arte del persona.

La Fábrica T ha elaborado un procedimiento para definir la responsabilidad y la autoridad para controlar e investigar las No Conformidades (NC) que surjan respecto a lo establecido en la documentación del sistema. Una No Conformidad es un incumplimiento de un requisito, bien sea de la Norma, del Sistema de Gestión Energético o de las especificaciones establecidas por la organización. Una NC debe ser tratada con la mayor brevedad posible. Existe una persona responsable, designado en ese procedimiento y abrir un parte de No Conformidad en el que se indique, por ejemplo, si es necesario aplicar algún tipo de medida.

Una acción correctiva es una acción tomada para eliminar la causa de una NC detectada. En algunas ocasiones, puede haber mas de una causa para una misma NC.

Una acción preventiva es una acción tomada para eliminar la causa de una NC potencial.

Una acción correctiva exige la apertura de uno o varios partes para la no conformidad detectada. Una acción preventiva no precisa de un parte de no conformidad, porque todavía no se ha producido el problema, aunque debido a su potencialidad se ve necesaria la apertura de un parte de acción preventiva.

4.3.4.Documentación del Sistema de Gestión Energética

La implantación de un Sistema de Gestión Energética implica la elaboración de diversa documentación escrita, ya sea en papel, formato digital o cualquier otro medio que la Fábrica T haya decidido.

El objetivo principal es definir una sistemática para el control de los documentos y mantener documentados algunos de los procesos, procedimientos, instrucciones y registros. Así se asegura el correcto funcionamiento del Sistema de Gestión Energético que, a su vez, asegure la mejora del desempeño energético continuamente.

El primer paso tomado por la Fabrica T a la hora de redactar la documentación es definir la misma estructura para todos los sistema de gestión implantados en ella.



Además, la fábrica T cuenta con un lugar de almacenamiento definido por la dirección para mantener el control adecuado de los documentos.

Control de la documentación

Para que la implantación de un Sistema de Gestión Energético en una organización sea eficaz y garantice la correcta gestión energética en la misma, es necesario establecer un sistema de control de los documentos pertenecientes al mismo.

Para ello, resulta muy útil que todos los documentos se encuentren codificados a través de abreviaturas y/o números.

En la Tabla 15 se puede ver como la Fábrica T a codificado su documentación del Sistema de Gestión Energética:

Tabla 15. Ejemplo Fábrica T nomenclatura de la documentación del Sistema.

Documentación del sistema de gestión			
	Código	Numero	Procedimiento al que pertenece
Procedimiento	PE	00,01...	XX
Registro	RE	00,01...	XX
Documentación	DE	00,01...	XX

Para asegurar el control y la correcta manipulación de los documentos se debe elaborar procedimientos y mantener los registros pertinentes. Estos son los factores llevados a cabo en la Fábrica T para el correcto control de los registros generados

-Identificación: Los registros deben ser debidamente identificables. Además del código de identificación cada registro debe tener información adicional como la fecha de cumplimentación del mismo, nombre de la persona encargada del cumplimiento y responsable de su aprobación

-Almacenamiento: Con el fin de poder encontrarlo fácilmente cuando sea necesario, debe indicarse donde se archivarán los registros



-Retención: Se debe determinar el tiempo de conservación de cada registro.



5.CONCLUSIONES

En este trabajo fin de grado se ha visto como con la implantación de un Sistema de Gestión Energético en una Fábrica T se han obtenido una serie de beneficios, a parte de conseguir un ahorro energético importante, como son:

- Un análisis de la cantidad de energía consumida en cada proceso y control y seguimiento de dicho consumo mediante indicadores. Siendo un primer paso para tomar acciones correctivas si fuese necesario
- Revisión permanente de la metodología en la toma de datos de consumo de las instalaciones
- Toma de conciencia de las medidas que llevan asociado un ahorro de energía y de emisiones de CO₂.
- Tener siempre en mente el papel importante que juega la mejora continua.
- Demostrar de cara al exterior (clientes, proveedores, opinión pública...) su compromiso con la reducción del consumo energético y todo lo que conlleva.



6. BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://www.qualitytrends.squalitas.com/>//[Último acceso: Septiembre 2017]
- [2] <https://www.iso.org/home.html/>//[Último acceso: Septiembre 2017]
- [3] Norma UNE-EN ISO 50001
- [4] <http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp/>//[Último acceso: Septiembre 2017]
- [5] Jovanović, B.; Filipović, J.; Bakić, V. Energy management system implementation in Serbian manufacturing – Plan-Do-Check-Act cycle approach. *Journal of Cleaner Production*, (2017), vol. 162, pp. 1144-1156
- [6] Prashar, A. Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs. *Journal of Cleaner Production*, (2017), vol. 145, pp. 277-293.
- [7] Beihmanis, K.; Rosa, M. Energy Management System Implementation in Latvian Municipalities: From Theory to Practice, *Energy Procedia*, (2016), vol. 95, pp. 66-70.
- [8] <http://www.energiza.org/>//[Último acceso: Septiembre 2017]
- [9] <https://books.google.es/books/sistemas.de.gestion.de.la.energia.iso.50001/>//[Último acceso: Septiembre 2017]
- [10] <https://www.scopus.com/>//[Último acceso: Septiembre 2017]