

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Modelo de análisis energético en una línea de producción de rafia  
en una empresa productora de sacos industriales y concientización  
del uso eficiente de energía

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

David Estuardo Palencia Díaz

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química;

Melisa Renata Paredes Rivas,

para optar al grado académico de Licenciada en Psicopedagogía

Guatemala,

2019







UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Modelo de análisis energético en una línea de producción de rafia  
en una empresa productora de sacos industriales y concientización  
del uso eficiente de energía

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

David Estuardo Palencia Díaz

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química;

Melisa Renata Paredes Rivas,

para optar al grado académico de Licenciada en Psicopedagogía

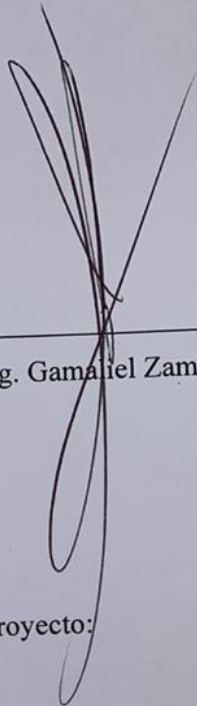
Guatemala,

2019

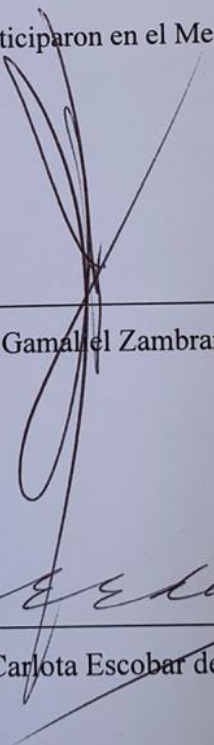


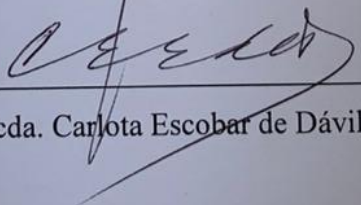
Vo. Bo.:

(f)   
Inga. Frances Recari Fernández

(f)   
MSc. Ing. Gamal el Zambrano Ruano

Directores de los estudiantes que participaron en el Megaproyecto:

(f)   
MSc. Ing. Gamal el Zambrano Ruano

(f)   
Licda. Carlota Escobar de Dávila

Fecha de aprobación: Guatemala, 28 de noviembre de 2019



## PREFACIO

La realización del presente trabajo comenzó en la segunda mitad del año 2018. El trato de la empresa a nosotros fue de una manera muy cordial. Siempre estando dispuestos a ayudarnos, a proporcionarnos los datos que necesitábamos y auxiliarnos con cualquier inconveniente que teníamos.

Este trabajo no sería posible sin la ayuda de la empresa en donde se realizó el estudio, tampoco sin el apoyo proporcionado por personal de la misma. Se agradece especialmente al Ing. Andrés González por el apoyo, paciencia y tiempo dedicado al equipo de trabajo, durante el estudio realizado.



# ÍNDICE

PREFACIO .....	ix
LISTADO DE CUADROS .....	xv
LISTADO DE FIGURAS .....	xix
RESUMEN.....	xxiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
A. General .....	3
B. Específicos .....	3
III. JUSTIFICACIÓN .....	5
IV. MARCO TEÓRICO.....	7
A. Energía eléctrica.....	7
B. Sector energético guatemalteco.....	8
C. Multímetro .....	12
D. Instrumentos de análisis térmico .....	13
E. Motor eléctrico .....	15
F. Polipropileno.....	18
G. Proceso de extrusión .....	19
H. Temperaturas en motores .....	19
I. Temperaturas en conexiones eléctricas .....	22
J. Sistematización .....	25
K. Capacitación.....	27
L. Proceso de enseñanza aprendizaje.....	31
M. Taller pedagógico.....	32
N. Concientización en el uso eficiente de la energía.....	34
V. ANTECEDENTES .....	35
A. Prevención de las fallas de los motores trifásicos de inducción mediante una adecuada selección	41

B.	Principios básicos de la termografía infrarroja y su utilización como técnica para mantenimiento predictivo.....	42
C.	Perfil energético de Guatemala: bases para el entendimiento del estado actual y tendencias de la energía .....	43
D.	Reglamento de la ley general de la electricidad .....	44
E.	National electrical code handbook .....	44
F.	Motores electricos guía de especificación.....	44
G.	Investigaciones.....	44
H.	Contexto.....	45
VI.	METODOLOGÍA .....	47
A.	Módulo 1: Guía de análisis de motores eléctricos y sus conexiones eléctricas en una línea de producción de rafia en una empresa productora de sacos industriales.....	47
B.	Módulo 2: Propuesta y ejecución de un programa de capacitación para concientizar sobre el uso eficiente de energía al personal de una empresa productora de sacos industriales .....	50
VII.	RESULTADOS.....	59
A.	Módulo 1:.....	59
B.	Módulo 2:.....	66
VIII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	79
A.	Guía de análisis de motores eléctricos y sus conexiones eléctricas en una línea de producción de rafia en una empresa productora de sacos industriales .....	79
B.	Propuesta y ejecución de un programa de capacitación para concientizar sobre el uso eficiente de energía al personal de una empresa productora de sacos industriales .....	87
IX.	CONCLUSIONES .....	91
A.	Guía de análisis de motores eléctricos y sus conexiones eléctricas en una línea de producción de rafia en una empresa productora de sacos industriales .....	91
B.	Propuesta y ejecución de un programa de capacitación para concientizar sobre el uso eficiente de energía al personal de una empresa productora de sacos industriales .....	92
X.	RECOMENDACIONES.....	93
XI.	Bibliografía .....	95

XII.	ANEXOS .....	99
A.	Módulo 1: Guía de análisis de motores eléctricos y sus conexiones eléctricas en una línea de producción de rafia en una empresa productora de sacos industriales.....	99
B.	Módulo 2: Propuesta y ejecución de un programa de capacitación para concientizar sobre el uso eficiente de energía al personal de una empresa productora de sacos industriales .....	138
XIII.	GLOSARIO .....	155



## LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Diferencias de temperaturas de análisis termo gráfico por la norma International Electrical Testing Association .....	23
Cuadro 2. Sistema de clasificación de temperaturas Delta T .....	23
Cuadro 3. Clasificación de temperaturas según norma ANSI/IEEE C37.14-2002.....	24
Cuadro 4. Listado de motores indicados por la empresa para el estudio .....	41
Cuadro 5. Motores recomendados por la empresa para la realización del estudio por motivos de consumo	41
Cuadro 6. Listado de motores principales según consumo eléctrico y datos de placa correspondientes .....	60
Cuadro 7. Potencias suministradas a los motores .....	61
Cuadro 8. Rango de potencias en motores estudiados .....	61
Cuadro 9. Relación de potencia nominal de los motores con respecto a la potencia eléctrica suministrada al motor .....	61
Cuadro 10. Sugerencias de acciones para la reducción del consumo eléctrico .....	64
Cuadro 11. Análisis térmico motor 2 .....	64
Cuadro 12. Condiciones actuales de conexiones eléctricas .....	65
Cuadro 13. Diferencia de temperaturas entre fases de cables .....	65
Cuadro 14. Resumen de las observaciones realizadas dentro de la planta para indagar sobre uso de la energía, señalización y estado de los equipos .....	66
Cuadro 15. Resumen de entrevistas realizadas a jefe de mantenimiento y encargada de capacitaciones para indagar sobre su percepción en el manejo del tema por los colaboradores. ....	67
Cuadro 16. Descripción de preguntas y respuestas obtenidas de la evaluación diagnóstica realizada para identificar las idea básicas del tema de energía .....	67
Cuadro 17. Descripción de preguntas y respuestas obtenidas de la evaluación de las ideas básicas el tema del uso de la energía dentro de la empresa .....	68
Cuadro 18. Contenido de la planificación utilizada durante el desarrollo de la capacitación a los colaboradores, sobre el uso consciente de la energía .....	69
Cuadro 19. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar el concepto de energía en una lista de enunciados, con una muestra de cuarenta personas.....	72
Cuadro 20. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar el concepto de tipos de energía en una lista de enunciados, con una muestra de cuarenta personas .....	73
Cuadro 21. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar el concepto de energía renovable en una lista de enunciados, con una muestra de cuarenta personas .....	73

Cuadro 22. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar el concepto de energía no renovable en una lista de enunciados, con una muestra de cuarenta personas .....	74
Cuadro 23. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar el concepto de consumo eficiente de la energía en una lista de enunciados, con una muestra de cuarenta personas .....	75
Cuadro 24. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar las ideas que cumplan con el concepto de concientización el uso eficiente de la energía, con una muestra de cuarenta personas .....	76
Cuadro 25. Análisis térmico motor 1 .....	99
Cuadro 26. Análisis térmico motor 3 .....	99
Cuadro 27. Análisis térmico motor 4 .....	100
Cuadro 28. Análisis térmico motor 5 .....	100
Cuadro 29. Potencias suministradas a la línea de producción .....	100
Cuadro 30. Datos adicionales de motores .....	101
Cuadro 31. Mediciones de corriente y tensión motor 1 .....	101
Cuadro 32. Mediciones de corriente y tensión motor 2 .....	101
Cuadro 33. Mediciones de corriente y tensión motor 3 .....	102
Cuadro 34. Mediciones de corriente y tensión motor 4 .....	102
Cuadro 35. Mediciones de corriente y tensión motor 5 .....	102
Cuadro 36. Temperaturas motor 1 .....	102
Cuadro 37. Temperaturas motor 2 .....	103
Cuadro 38. Temperaturas motor 3 .....	103
Cuadro 39. Temperaturas motor 4 .....	103
Cuadro 40. Temperaturas motor 5 .....	103
Cuadro 41. Temperaturas de conexiones motor 1 .....	104
Cuadro 42. Temperaturas de conexiones motor 2 .....	104
Cuadro 43. Temperaturas de conexiones motor 3 .....	104
Cuadro 44. Temperaturas de conexiones motor 4 .....	104
Cuadro 45. Temperaturas de conexiones motor 5 .....	105
Cuadro 46. Potencias motor 1 .....	115
Cuadro 47. Potencias motor 2 .....	115
Cuadro 48. Potencias motor 3 .....	115
Cuadro 49. Potencias motor 4 .....	116

Cuadro 50. Potencias motor 5 .....	116
Cuadro 51. Diferencia de temperaturas conexiones de eléctricas motor 1 .....	116
Cuadro 52. Diferencia de temperaturas de conexiones eléctricas motor 2 .....	117
Cuadro 53. Diferencia de temperaturas de conexiones eléctricas motor 3 .....	117
Cuadro 54. Diferencia de temperaturas de conexiones eléctricas motor 4 .....	117
Cuadro 55. Diferencia de temperaturas de conexiones eléctricas motor 5 .....	117
Cuadro 56. Consumo energético de la línea estudiada .....	123
Cuadro 57. Temperatura permitida de cables según National Electrical Code .....	126
Cuadro 58. Criterio para diagnóstico de conexiones eléctricas .....	135
Cuadro 59. Criterio para diagnóstico de temperatura máxima de conexión eléctrica .....	136



## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Sector eléctrico.....	10
Figura 2. Matriz eléctrica guatemalteca .....	10
Figura 3. Curva de consumo típico.....	11
Figura 4. Multímetro .....	13
Figura 5. Cámara termo gráfica.....	15
Figura 6. Motor eléctrico.....	17
Figura 7. Número de RPM contra número de polos en motores eléctricos .....	18
Figura 8. Clases térmicas para los materiales y sistemas de aislantes .....	20
Figura 9. Valores numéricos y la composición de la temperatura admisible del punto más caliente .....	21
Figura 10. Factor de multiplicación de potencia útil .....	21
Figura 11. Modelo de comunicación .....	30
Figura 12. Principios efectivos y constructivista de la realimentación.....	30
Figura 13. Aspectos para diseño de un taller.....	32
Figura 14. Principios efectivos y constructivista de la realimentación.....	33
Figura 15. Consumo mensual diciembre 2018.....	35
Figura 16. Consumo mensual abril 2019.....	37
Figura 17. Consumo mensual mayo 2019 .....	39
Figura 18. Formato de clasificación de severidad de fallos.....	43
Figura 19. Esquema de la línea de producción con localización de motores estudiados .....	59
Figura 20. Balance de masa en el proceso de producción de hilo rafia .....	60
Figura 21. Balance de energía motor 1.....	62
Figura 22. Balance de energía motor 2.....	62
Figura 23. Balance de energía motor 3.....	63
Figura 24. Balance de energía motor 4.....	63
Figura 25. Balance de energía motor 5.....	64
Figura 26. Tendencia de respuestas con base a la identificación de ideas básicas en el tema de energía, realizadas en la evaluación diagnóstica .....	68
Figura 27. Tendencia de respuestas con base a las ideas básicas el tema del uso de la energía dentro de la empresa .....	69
Figura 28. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de energía .....	72

Figura 29. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de tipos de energía.....	73
Figura 30. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de energía renovable .....	74
Figura 31. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de energía no renovable .....	75
Figura 32. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de consumo eficiente de la energía .....	75
Figura 33. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de concientización en el uso eficiente de la energía.....	76
Figura 34. Resultados consolidados del diagnóstico en el tema de energía y su uso consciente realizada en una muestra de cuarenta colaboradores .....	77
Figura 35. Resultados consolidados de la evaluación post capacitación en el tema de energía y su uso consciente realizada en una muestra de cuarenta colaboradores .....	77
Figura 36. Termografía motor 1 .....	105
Figura 37. Termografía motor 2 .....	106
Figura 38. Termografía motor 3 .....	106
Figura 39. Termografía motor 4 .....	107
Figura 40. Termografía motor 5 .....	107
Figura 41. Termografía conexión eléctrica motor 1 previo a mantenimiento .....	108
Figura 42. Termografía conexión eléctrica motor 1 .....	108
Figura 43. Termografía conexión eléctrica motores 2 y 4.....	109
Figura 44. Termografía conexión motores 3 y 5 .....	109
Figura 45. Placa motor 1 .....	118
Figura 46. Detalle de motor Baldor.....	118
Figura 47. Diagrama de motor Baldor.....	119
Figura 48. Placa motores 2 y 4 .....	119
Figura 49. Eficiencias de motores W22 según número de polos y potencia .....	120
Figura 50. Datos de motores catálogo W22 .....	121
Figura 51. Placa motores 3 y 5 .....	122
Figura 52. Datos catálogo motores Lenze .....	122
Figura 53. Continuación datos catálogo motores Lenze.....	123
Figura 54. Cámara termografía utilizada para el estudio.....	124

Figura 55. Nivel de eficiencias catálogo motores Weg .....	125
Figura 56. Continuación nivel de eficiencias catálogo motores Weg.....	125
Figura 57. Extracto de especificaciones de cables POWERFLEX RV-K.....	127
Figura 58. Motor eléctrico.....	129
Figura 59. Datos de placa del motor.....	129
Figura 60. Configuración para la medición de voltaje .....	130
Figura 61. Configuración para la medición de corriente .....	131
Figura 62. Medición de temperatura con termómetro láser.....	133
Figura 63. Clase de aislamiento y temperaturas máximas .....	134
Figura 64. Termografía obtenida de análisis de conexiones eléctricas.....	135
Figura 65. Formato recomendado para la guía .....	137



## RESUMEN

Para realizar un modelo de análisis energético en una línea de producción de rafia fue necesario realizar dos estudios de investigación en los cuales, se evaluó el consumo eléctrico de cinco motores en una línea de producción de hilo rafia. Para esto se utilizó un multímetro, un termómetro laser y una cámara termográfica. La metodología utilizada consistió en la medición de tensión y corriente para estimar la potencia consumida, y evaluar por medio de instrumentos de análisis térmico las condiciones de trabajo del motor y sus conexiones eléctricas. Los resultados mostraron que la totalidad de los motores se encuentran bajo parámetros de temperatura aceptables de operación con lo cual ningún motor superó 105°C, sin embargo, algunas conexiones eléctricas presentan temperaturas sobre la norma International Electrical Testing Association. Se creó una guía operativa para el análisis de motores y conexiones eléctricas. La estadística descriptiva empleada mostró alta precisión con desviaciones estándar de 3.3 °C de los datos calculados y aseguró que los valores de temperatura de los motores obtenidos no se encuentran fuera de la norma. La propagación de error mostró la fiabilidad de los instrumentos de medición y la exactitud de los datos por incertidumbres menores a  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Se determinó que existen oportunidades de mejora en el consumo eléctrico, enfocadas al mantenimiento de las conexiones eléctricas de los motores. Se sugiere implementar un plan de revisión de cables y conexiones eléctricas. Se recomienda realizar un estudio sobre las conexiones eléctricas en áreas de extrusión de diferentes productos, para determinar si existe oportunidades de mejora, con lo cual se pueda reducir el consumo eléctrico total de la planta y un análisis físico-químico de viscosidad, densidad y pureza del aceite utilizado en la caja reductora del motor extrusor para mejorar su rendimiento.

El segundo estudio realizado surgió de la necesidad de crear un programa de capacitación que sea de guía para la concientización en el uso de la energía, en una empresa productora de sacos industriales, ubicada en la Antigua Guatemala, Guatemala, la cual cuenta con 43,087.92 m<sup>2</sup> o 6.15 manzanas de terreno. Esta empresa cuenta con programas de capacitación, pero no con uno que sea sobre el tema de energía y su uso consciente.

Se propuso un programa de capacitación que tomó como muestra un grupo de trabajadores, para realizar un diagnóstico, implementar la intervención de la capacitación y obtener de esta manera resultados que puedan evaluar los conceptos en el tema de energía y su uso consciente. Se utilizaron varias herramientas para la indagación de información, entre ellas; entrevistas, observaciones, breves cuestionario antes y después de la capacitación.

Los resultados indicaron que el 12.5% de los colaboradores no tenían ideas básicas sobre el tema o en algunos casos la idea era errónea. Después de realizar la capacitación, el resultado cambió positivamente, el 81.87% de los colaboradores identificaron de una mejor manera las ideas básicas en energía, energía eléctrica, tipos de energía, energía renovable y no renovable, y su uso eficiente.

# I. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un recurso altamente utilizado en la industria guatemalteca. Esta se utiliza para motores eléctricos con el fin de proporcionar energía mecánica a las diferentes áreas de producción. Los motores eléctricos convierten la energía electromagnética en energía mecánica, no obstante durante este proceso se pierde energía en forma de calor.

El calor que emanan los motores es un parámetro utilizado para estimar el estado actual de los motores. Si un motor excede la temperatura máxima recomendada, esto se puede deber a un daño en el aislante del motor. Esto implica que el motor consume significativamente una mayor cantidad de energía.

Otra área de interés para el estudio de los motores son sus conexiones eléctricas. Si una conexión eléctrica presenta altos valores de temperaturas, esta se puede encontrar sobrecargada, lo cual es dañino para la línea eléctrica. Un alza en la temperatura puede indicar problemas en la conexión o falsos contactos.

Todos los motores están diseñados para suministrar una potencia establecida, estos tienen una potencia nominal a la que pueden llegar en función del voltaje, amperaje que se le suministre. La potencia real de los motores se puede medir por medio de un multímetro.

La temperatura de los motores se puede medir por medio de una cámara termografía y termómetros láser. Esto permite conocer el perfil de temperaturas del motor y sus puntos de temperatura máxima.

En este trabajo se muestran los resultados de la elaboración de la guía y su puesta en marcha de una línea de extrusión de hilo rafia. Lo cual se muestra en las secciones de antecedentes donde se encuentra descrito la situación actual de la planta; resultados donde se encuentran las temperaturas y potencias de los motores y sus conexiones eléctricas y anexos donde se encuentra la guía que permite replicar la experimentación.

El uso ineficiente o inadecuado de la energía eléctrica incrementa el valor de la misma, por lo que costear altos consumos suele convertirse en pérdidas, no solo en los hogares sino también en las industrias. Para determinar el uso consciente de la energía dentro de la industria, se tomó como estudio una empresa productora de sacos industriales.

La propuesta mejor adaptada para la empresa era implementar una capacitación de concientización utilizando como herramientas la pedagogía y concientización, que pueden llamarse de otra manera como teoría y práctica. La pedagogía, por su parte, corresponde a una serie de reproducciones y ser un eje de evaluación en las prácticas educativas, en la posibilidad de formular descripciones con aspiraciones a

representar la realidad. Mientras que la concientización como lección humana, se fundamenta en la tensión entre dos maneras de diferenciación: la producida por los conocimientos que nos aportan “los de fuera” (manuales de pedagogía, intelectuales, etc.) y la experiencia latente de “los de dentro” (los participantes en las prácticas educativas).

Van Goor *et al.* (2004) dice que, en vez de convertir la situación en otra forma de universalismo o validez general, [lo que deben hacer es] tomar esa carencia como punto de partida. Por lo que se realizó un manual que fuera de guía para replicar la capacitación que se realizó, por medio de un plan propuesto a partir de los resultados de la evaluación realizada.

El desarrollo de la investigación se explica en términos procedimentales y conceptuales en el apartado de justificación y objetivos, y de una manera explícita y descriptiva en la sección de resultados, análisis de resultados y conclusiones.

## II. OBJETIVOS

### A. GENERAL

Realizar un modelo de análisis energético en una línea de producción de rafia en una empresa productora de sacos industriales y concientizar el uso eficiente de energía

### B. ESPECÍFICOS

- Proponer una guía para analizar el estado de los motores eléctricos indicados por la empresa y sus conexiones eléctricas en una línea de producción de rafia, en una empresa productora de sacos industriales, para determinar el estado actual de los mismos.
  1. Realizar un esquema de la línea de producción y un listado de los cinco motores indicados por la empresa de acuerdo a consumo eléctrico para delimitar el sistema a estudiar.
  2. Determinar la potencia nominal y el rango real de los motores a estudiar para comparar la potencia teórica que ejercen con la potencia eléctrica suministrada al motor, para sugerir acciones que reduzcan el consumo eléctrico.
  3. Realizar un análisis de las instalaciones eléctricas relacionadas a los motores estudiados usando equipo de análisis térmico para establecer las condiciones actuales a las cuales están funcionando y si es necesario recomendar modificaciones.
  4. Utilizar los datos recabados en los objetivos 1, 2 y 3 para redactar una guía que permita replicar el estudio realizado.
- Proponer y ejecutar un programa de capacitación para concientizar sobre el uso eficiente de energía al personal de una planta de fabricación de sacos industriales.
  1. Realizar un diagnóstico sobre los conceptos y prácticas del personal referentes al uso de energía, usando técnicas y estrategias de recolección de información, para proponer un programa de capacitación.
  2. Elaborar un plan de capacitación que concientice sobre el uso eficiente de la energía usando estrategias que solventen las deficiencias detectadas en el diagnóstico.
  3. Ejecutar el plan de capacitación, evaluando los conceptos involucrados para determinar la eficacia de la misma.

4. Elaborar un manual del programa de capacitación, material didáctico y estrategias utilizadas durante las capacitaciones, para que la empresa lo implemente en su programa de capacitación, por medio del departamento de Recursos Humanos.

### III. JUSTIFICACIÓN

El proceso de extrusión de polipropileno para la producción de sacos que se estudió, utilizaba la energía eléctrica como su principal fuente de energía. La empresa de producción de sacos tenía un rubro mensual de costo de energía eléctrica que excedía Q1,000,000.00, por lo cual era necesario tener un control adecuado del estado y funcionamiento de los equipos eléctricos. Solamente la línea de extrusión de polietileno tenía un consumo energético equivalente a Q90,000.00. Los motores que trabajan a altas temperaturas, tenían pérdidas de energía en forma de calor. Una conexión eléctrica en mal estado irradiaba una mayor cantidad de energía, la cual se pierde, en comparación a una conexión eléctrica en condiciones adecuadas.

La guía redactada permite conocer la situación actual de los motores y sus conexiones eléctricas. Interpretar el estado de los mismos permite identificar las oportunidades de mejora en el proceso. Estas oportunidades de mejora pueden impactar en el consumo eléctrico del proceso y por consiguiente en el costo de operación. Al examinar los motores, medir la temperatura a la que operan, registrar las condiciones de temperatura de las conexiones eléctricas es posible recomendar medidas que disminuyan los gastos de consumo eléctrico en la producción de hilo rafia y por consiguiente los costos de operación de la empresa. Además, la guía permitirá también capacitar a los empleados técnicos, en la evaluación de distintas líneas de producción, con lo cual se puede realizar un análisis general de la planta de producción.

El uso inadecuado de la energía eléctrica es un problema que se incrementa día a día en nuestro país, la industria y en el hogar. Según Cortés (2009), “el debate energético adquiere, en el contexto actual, una mayor relevancia no sólo porque el sector industrial sigue siendo importante para el desarrollo y expansión del mercado interno, es decir, porque la industria petrolera y eléctrica son dos piezas claves y estratégicas en el desarrollo económico del país, y de ahí que sea indispensable rearticular desde una perspectiva nacional la política energética y la política industrial; sino además porque el consumo energético adquiere una centralidad en el contexto vital de cualquier persona al vincularse tanto al tema del medio ambiente y el desarrollo sustentable, como a la esperanza y calidad de vida de la población”.

En nuestro país se conoce de la problemática y la magnitud de la situación, pero pocas son las acciones que se realizan para disminuir el problema. No se cuenta con un proceso para iniciar acciones que generen un cambio y que sea de concientización para las personas, tanto para beneficio de la industria en general, como de ellos mismos en sus hogares.

Tomando en cuenta la importancia de hacer un uso consciente de la energía eléctrica y mejorar las prácticas de consumo, se implementó un programa de concientización que incrementó los saberes y aprendizajes de los obreros. De esta manera se pudo contribuir al medio ambiente, reducir las malas prácticas

en las áreas de trabajo para tener un impacto positivo en los costos energéticos que actualmente paga la empresa.

Cabe resaltar que la conciencia ambiental es una filosofía de vida que beneficia directamente a los seres humanos, pero puede afectar al medioambiente al hacer un mal uso de los recursos, que pone en peligro su conservación y equilibrio en el presente y futuro. Así, la educación y la conciencia ambiental ayuda a darse cuenta de que cada acción que realizan en su vida cotidiana, ya sea en el trabajo o en el hogar, tiene una repercusión en el medioambiente y genera un incremento innecesario en los costos.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica es una forma de energía que se caracteriza por una diferencia de potencial entre dos puntos, por los cuales corre una corriente eléctrica. La electricidad a diferencia de otras sustancias no es susceptible a ser almacenada, por eso mismo los sistemas de energía eléctrica son grandes y complejos, en los cuales la energía se produce y se distribuye simultáneamente. (Gomez,2017)

El potencial es la energía potencial por unidad de carga. La unidad para el potencial en el sistema internacional es el volt (V). El voltaje es una diferencia de potencial entre dos puntos, el cual equivale a joule/coulomb. (Young,2009)

$$V = \frac{J}{C} \quad (1)$$

Donde: J... joule

C...coulomb

La corriente eléctrica es el movimiento de una carga de una región a otra. La unidad del sistema internacional para la corriente es el ampere. El cual se define como un coulomb por segundo. (Young,2009)

$$A = \frac{C}{s} \quad (2)$$

Donde: s... Segundo

C...coulomb

El voltaje y la corriente eléctrica se encuentran relacionados por la ley de Ohm. La cual dice que el voltaje es igual a corriente por la resistencia.

$$V = IR \quad (3)$$

Donde: V... voltaje (volts)

I ... corriente (amperios)

R... Resistencia (ohms)

Un aspecto de interés en los circuitos eléctricos es la rapidez con la cual se proporciona energía a un circuito. La relación de transferencia de energía por unidad de tiempo es la potencia y se denota mediante P. La unidad de la potencia es watt que representa J/s

$$P = VI \quad (4)$$

La corriente directa es la corriente cuyo sentido no cambia con el tiempo. En cambio la corriente alterna es la corriente que oscila, con voltajes y corrientes que varían en forma sinusoidal.

La potencia media de alimentación a un circuito depende de las amplitudes del voltaje y corriente y del ángulo de desfase  $\phi$ . La cantidad  $\cos \phi$  se conoce como factor de potencia (Young, 2009).

## B. SECTOR ENERGÉTICO GUATEMALTECO

El sector energético guatemalteco se encuentra dividido entre generadores de electricidad, transportistas, comercializadores, distribuidores, pequeños y grandes usuarios. Además, este sector se encuentra normado por un ente rector, un ente operador y un ente regulador.

El sistema eléctrico nacional es el conjunto de instalaciones, centrales generadoras, líneas de transmisión, subestaciones eléctricas, redes de distribución, equipo eléctrico, centros de carga y en general toda la infraestructura eléctrica destinada a la prestación del servicio, interconectados o no, dentro del cual se efectúan las diferentes transferencias de energía eléctrica entre diversas regiones del país. (Congreso de la República 1996)

### 1. Ente rector

El Ministerio de Energía y Minas es el órgano rector del sector energético del país. Es responsable de formular políticas, planes de Estado y programas indicativos relativos al subsector eléctrico, como la Ley General de Electricidad. Además de la inscripción y actualización de Grandes Usuarios y Agentes del Mercado Mayorista (MEM, 2018)

### 2. Ente regulador

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica es el ente regulador. Entre sus funciones se encuentra hacer cumplir las políticas en base a la Ley General de Energía y emitir sanciones. Define las tarifas de transmisión y distribución y arbitra las controversias entre los agentes del subsector eléctrico (MEM, 2018)

### 3. Ente operador

El Administrador del Mercado Mayorista es el ente técnico y operador del sistema nacional interconectado. Entre sus funciones se encuentra administrar, programar, coordinar y despachar las transacciones de compra, venta de energía eléctrica y potencia entre los participantes. Establece precios de

mercado de corto plazo para la transferencia de potencia y energía entre sus agentes. Garantiza la seguridad y el abastecimiento de energía eléctrica en el país. (MEM,2018)

#### 4. Generadores.

Es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación eléctrica que comercializa total o parcialmente su producción de electricidad. Produce grandes cantidades de energía, tiene certeza de pago y entra al mercado según le indique la AMM. (Congreso de la República 1996)

#### 5. Transportistas

Es la persona, individual o jurídica, poseedora de instalaciones destinadas a realizar la actividad de transmisión y transformación de electricidad. Es quien opera la red eléctrica transforma la energía a diferente voltaje y realiza los peajes de la red. (Congreso de la República 1996).

#### 6. Comercializadores

Es la persona individual o jurídica, cuya actividad consiste en comprar y vender bloques de energía eléctrica con carácter de intermediación y sin participación en la generación, transporte, distribución y consumo. (Congreso de la República 1996)

#### 7. Distribuidores

Es la persona individual o jurídica, titular o poseedora de instalaciones destinadas a distribuir comercialmente energía eléctrica. (Congreso de la República 1996)

#### 8. Grandes usuarios

Es un consumidor de energía cuya demanda de potencia excede cien kilovatios (kW). Él no está sujeto a regulación de precio y las condiciones de suministro serán libremente pactadas con el distribuidor o con cualquier otro suministrador. (Gobierno de Guatemala,1997)

Figura 1. Sector eléctrico



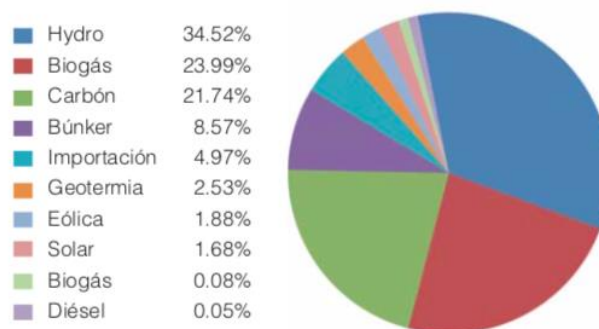
Fuente: Ion Energy (2018)

## 9. Matriz energética nacional

La matriz energética nacional se encuentra compuesta por energías renovables y no renovables. En 2016 se alcanzó un 65% de energía renovable, un 30% de fuentes fósiles y un 5% fue importada. La matriz energética guatemalteca presenta la característica de ser estacional. Durante los meses de mayo a octubre se da un incremento de la energía hidroeléctrica y una reducción de la biomasa. Durante la estación seca noviembre a abril se da un incremento en la energía producida por biomasa, la cual proviene de la zafra. (Incyt, 2018)

Figura 2. Matriz eléctrica guatemalteca

### Generación electricidad anual (AMM 2016)



Fuente: Incyt (2018)

## 10. Precio Spot

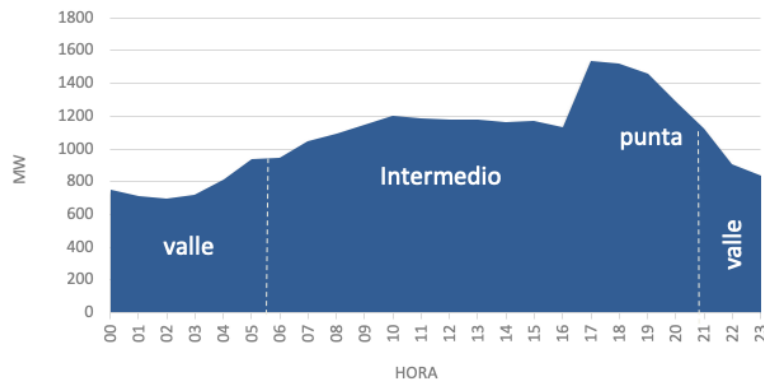
El precio spot es el valor del costo marginal de corto plazo de la energía en cada hora o en el período que defina La Comisión Nacional de Energía Eléctrica, establecido por el Administrador del Mercado Mayorista como resultado del despacho. (Gobierno de Guatemala,1998)

Las variaciones en el precio Spot se deben a cambios en el precio internacional del petróleo, cambio en la demanda energética, cambios tecnológicos en la producción energética como aumento en la oferta. La estacionalidad también juega un papel muy importante, debido a que en la temporada lluviosa se produce una mayor cantidad de energía hídrica la cual tiene un costo menor. (Incyt, 2018)

## 11. Curva de consumo típica

La curva de consumo típica se encuentra en función de la hora del día. Esta presenta una cresta alrededor de las 18:00 horas, durante la cual existe una mayor demanda de la energía eléctrica. Un valle entre 22.00 h y las 5:00h y un valor intermedio entre 6:00 y 17:00. Por este mismo comportamiento el precio y de la potencia y energía cambia siendo mayor en las horas de mayor demanda y más bajo en las horas de menor demanda de potencia. (AMM,2019)

Figura 3. Curva de consumo típico



Fuente: Ion Energy (2018)

## 12. Penalizaciones

Existen diferentes tipos de penalizaciones al utilizar el sistema nacional interconectado. La penalización por exceso de potencia es un cargo en el cual se realiza un cobro por utilizar un exceso de la potencia máxima

demandada por el consumidor, la cual se encuentre sobre la potencia contratada con el distribuidor eléctrico. La penalización en este caso equivale al doble de la tarifa correspondiente del cargo de potencia.

La segunda penalización se da por el factor de potencia. El valor mínimo para el factor de potencia es de acuerdo a la potencia demandada para el usuario. Los consumidores con potencias mayores a 11kW deben cumplir con un factor de potencia mínimo de 0.90. El factor de potencia se ve afectado por picos de potencia al momento del arranque. La penalización en este caso es del 3% del valor de los cargos de distribuidor eléctrico de la tarifa correspondiente. (Ion Energy,2018)

### 13. Mercado mayorista

Es el conjunto de operaciones de compra y venta de bloques de potencia y energía que se efectúan a corto y largo plazo entre agentes del mercado. (Congreso de la República 1996)

## C. MULTÍMETRO

Un multímetro es una herramienta para la medición de valores eléctricos como la tensión (voltaje) la corriente (amperios) y la resistencia (ohmios). Los multímetros se caracterizan por ser versátiles de alta precisión y fiabilidad.

Entre los componentes de un multímetro se encuentra la pantalla en la cual se observan las lecturas de la medición. Los botones los cuales permiten seleccionar varias funciones, el selector con el cual se escogen los valores a medir y los conectores de entrada, en donde se insertan los cables de prueba.

El cable rojo se utiliza para el positivo y el cable negro para el negativo. La principal función de los cables es servir como conductor desde el material que está siendo sometido a prueba hasta el multímetro. La cuenta de unidades sirve para ajustar la resolución de la medición, la cual es elegida por el analista. La alta resolución se utiliza para observar cambios pequeños, en cambio la alta resolución permite medir datos de mayor magnitud. (Fluke,2019)

Figura 4. Multímetro



## 1. Medición de voltaje

Para obtener mediciones de voltaje es necesario conectar una resistencia en serie con el multímetro. Para medir la diferencia de voltaje entre dos puntos se debe colocar cada uno de los cables en esos puntos. En dado caso se desea medir la caída de voltaje absoluta se debe conectar el cable negativo en una tierra física. (Fluke,2019)

## 2. Medición de corriente

Para la medición de la corriente se debe colocar la pinza al rededor del cable. Se debe realizar la medición cable por cable. El funcionamiento del amperímetro de gancho se basa en que al circula corriente por un conductor se genera un campo magnético alrededor del conductor. La magnitud del campo magnético depende de la intensidad de la corriente. Así que la pinza mide la magnitud del vector del campo magnético con lo cual obtiene el valor de corriente. (Fluke,2019)

## D. INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS TÉRMICO

Los instrumentos de análisis térmico son herramientas que permiten determinar la temperatura de los objetos y sustancias. Existen de varios tipos, los primeros miden la temperatura por conducción, por lo que necesitan estar en contacto directo con la sustancia a medir. Usualmente estas herramientas se utilizan en fluidos. Otro tipo de instrumentos de análisis térmico, miden el cambio de corriente ocasionada por la temperatura y lo transforma en temperatura. Un tercer tipo de instrumentos miden la radiación emitida por la

superficie de los objetos. Estos tienen como ventaja que no se necesita tener un contacto directo con el objeto y pueden proporcionar una gran cantidad de datos rápidamente (Duarte, 2011).

## 1. Cámara termo gráfica

La cámara termo gráfica es un instrumento de medición de temperatura que permite obtener una imagen de alta calidad y enfocada de radiación térmica de la superficie de los objetos. La cámara posee rangos de medición de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $550^{\circ}\text{C}$  y es de fácil uso y manejo. Incluso permite guardar imágenes y enviarlas por correo.

La medición de temperatura por medio de una cámara termo gráfica es posible debido a que todos los objetos irradian energía infrarroja. La cantidad de energía que irradia cada objeto depende en gran medida de la temperatura a la cual se encuentre la superficie y a la emisividad del objeto. La cámara termo gráfica es capaz de detectar la energía infrarroja de la superficie del objeto y ella utiliza estos datos para estimar la temperatura de la superficie de este. Una gran cantidad de materiales y objetos como el metal pintado, la tela y la madera son bastante eficientes para irradiar energía, lo cual los convierte en objetos de fácil medición relativamente exactas. Las superficies previamente mencionadas poseen una emisividad del 0.90 lo cual las hace buenos emisores de radiación.

La tecnología infrarroja facilita la medición, proporcionando una imagen visible y una imagen infrarroja alineadas. De esta forma se muestra claramente donde podrían existir posibles problemas. Al crear la imagen infrarroja la cámara muestra tres temperaturas. La temperatura del punto seleccionado en la imagen, la temperatura mínima en el cuadro de enfoque y la temperatura máxima en dicho cuadro. De esta manera es posible detectar puntos críticos (Fluke, 2019).

Figura 5. Cámara termo gráfica



## 2. Termómetro láser

Es un instrumento que permite la medición de temperatura superficial segura y a distancia. Son adecuados para la medición de objetos en movimiento, de difícil acceso o que por su forma serían difíciles de medir. Tienen una exactitud de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Puede determinar la temperatura superficial mediante la medición de la cantidad de energía infrarroja radiada por la superficie del objeto (Fluke,2019).

## E. MOTOR ELÉCTRICO

Cuando un cable lleva una corriente eléctrica en la presencia de un campo magnético perpendicular a la corriente, una fuerza se produce perpendicularmente a la corriente y al campo magnético. En un motor eléctrico el campo magnético es irradiado al frente o atrás del eje del motor en el espacio entre el rotor y estator. La fuerza del cable se opone con la misma fuerza al campo magnético lo que causa que el eje rote (Perry, 1997).

Los motores eléctricos son de gran importancia en la industria, debido a que gracias a ellos se transforma la potencia eléctrica a potencia mecánica. En un motor, un par de torsión magnético actúa sobre un conductor que transporta corriente, y la energía eléctrica se convierte en energía mecánica (WEG, 2016).

## 1. Motor corriente directa

La parte móvil del motor de corriente directa es el rotor, el cual tiene libertad de girar alrededor de un eje. Los extremos de los alambres del rotor están adheridos a segmentos circulares conductores que forman un conmutador. Cada uno de los segmentos hace contacto con las terminales o escobillas por donde fluye la energía. Cuando la escobilla está en contacto con los dos segmentos del conmutador, no hay diferencia de potencial entre los conmutadores y no fluye corriente por el rotor y el momento magnético es igual a cero. Gracias al conmutador la corriente se invierte cada 180° de giro, así que el par de torsión siempre tiene la dirección que hace que el rotor gire (Young,2009).

## 2. Servomotor

Es un tipo de motor al cual se le puede controlar la posición y giro del mismo por medio de componentes electromecánicos y electrónicos. Tiene unas series de pasos integrados.

## 3. Motor corriente alterna

Los motores de corriente alterna son los más utilizados porque la distribución de energía eléctrica se realiza en este tipo de corriente. Estos motores se pueden subdividir en motores síncrono, los cuales funcionan a una velocidad fija sin interferencia del deslizamiento y se utilizan principalmente para grandes potencias. El otro tipo de motores son los de inducción estos funcionan a velocidad constante que varía por la carga mecánica aplicada al eje. Se caracterizan por ser robustos, simples y de bajo costo.

El motor de inducción trifásico se compone de un estator y rotor. El estator tiene una carcasa, que es la estructura de hierro o acero resistente a la corrosión y normalmente con aletas, un núcleo de chapas y un devanado trifásico con tres conjuntos de bobinas. En el área del rotor cuenta con un eje un núcleo de chapas, barras y anillos de cortocircuito. Otras partes del motor trifásico incluyen tapa, ventilador, tapa deflectora, caja de conexión, terminales y rodamientos (WEG, 2016).

Figura 6. Motor eléctrico



#### 4. Energía, potencia eléctrica y eficiencia en motores

El motor eléctrico absorbe la energía eléctrica y la transforma en energía mecánica. Sin embargo, el cambio de energía eléctrica a mecánica no es del todo eficiente. Existen pérdidas de energía en forma de calor, por lo cual el motor se calienta (WEG, 2016).

Para los circuitos de corriente continua se obtiene la potencia eléctrica por medio de:

$$P = VI \quad (5)$$

En cambio, para el sistema trifásico debido a que este se encuentra conectado en estrella o delta y que existe un desfase entre el ángulo de la tensión y la corriente para el caso de los motores de inducción, se tiene la expresión:

$$P = \sqrt{3}VI_{prom} \cos \varphi \quad (6)$$

Donde: V... voltaje (Volts)

I...corriente promedio de las tres fases (amperios)

$\cos \varphi$ ...ángulo de desfase de tensión o factor de potencia

La potencia se expresa en Watt o Hp. Para el calculo de la energía eléctrica solamente es necesario multiplicar la potencia por el tiempo de operación en horas. Con lo que se obtienen kWh.

El rendimiento del motor es la eficiencia con la cual se realiza la conversión de energía eléctrica absorbida por el motor a energía mecánica disponible en el eje.

$$\eta\% = \frac{1000 P(kW)}{\sqrt{3} VI \cos \varphi} * 100\% \quad (7)$$

Donde:  $\eta\%$ ... eficiencia

V... voltaje (Volts)

I...corriente promedio de las tres fases (amperios)

$\cos \varphi$ ...ángulo de desfase de tensión o factor de potencia

La frecuencia, es el número de veces por segundo que cambia el sentido de la tensión y vuelve a su condición inicial. Se expresa en Hertz (Hz), en Guatemala se opera a 60Hz (WEG, 2016).

El sistema trifásico esta formado por la asociación de tres sistemas monofásicos de tensiones con un desfase de 120°.

Figura 7. Número de RPM contra número de polos en motores eléctricos

N° de polos	Rotación síncrona por minuto	
	60 Hertz	50 Hertz
2	3.600	3.000
4	1.800	1.500
6	1.200	1.000
8	900	750
10	720	600

En la industria se trabaja usualmente con sistema trifásico de baja tensión de 220V, 380V y 440V Se cuenta con tres líneas de corrientes y una línea neutra. La tensión nominal es la tensión para la cual el motor fue proyectado. La frecuencia nominal es la frecuencia de la red para la cual el motor fue proyectado (WEG, 2016).

## F. POLIPROPILENO

El polipropileno es un polímero proveniente de la polimerización del propileno. Este polímero es un termoplástico bastante cristalino. Tiene una gran resistencia contra solventes químicos y por eso mismo es altamente utilizado en la industria de tejidos y alimentos

El polipropileno isoláctico es la molécula en la cual el grupo metilo se encuentran en el mismo lado. Esta configuración es la que le proporciona su aparente cristalinidad y una gran resistencia mecánica y tenacidad. Este es el polipropileno que se utiliza para la extrusión de película para fabricar rafia.

Entre las propiedades del polipropileno este cuenta con una densidad de  $0.91 \text{ g/cm}^3$ , resistencia al estrés, soporta cargas de  $25.5 \text{ kg/cm}^2$  sin producirse deformaciones apreciables. Un punto de fusión de  $160^\circ\text{C}$ . Posee una gran capacidad de recuperación elástica, es fácil de reciclar y resistente al impacto. Posee una buena dureza superficial y estabilidad dimensional. Por esto mismo el hilo rafia se elabora de la extrusión del

polipropileno y de su posterior corte. Este hilo se utiliza usualmente para la elaboración de tejidos como bolsas y sacos (Kirschenbaum, 2011)

## G. PROCESO DE EXTRUSIÓN

El proceso de extrusión del polipropileno se lleva a cabo por medio de una extrusora de tornillo. El proceso comienza con el mezclado de las materias primas. Allí se adiciona la resina virgen, la resina reciclada, el carbonado de calcio para ajustar las propiedades de tensión y el colorante.

Posteriormente pasa a un tornillo extrusor el cual se encuentra calentado por resistencias en la parte exterior. Ya líquida, la película pasa por un labio, el cual la remite a un tanque de agua para enfriarla. En este paso pasa por unos rodillos y una cortadora para crear el hilo rafia. El hilo pasa posteriormente a un horno y después del horno a una serie de rodillos para estirarlo, proporcionar el grosor de película adecuado y enfriarlo. Por último, el hilo rafia se dirige a la embobinadora, donde cada hilo forma un cono de rafia (Starlinger, 2019).

## H. TEMPERATURAS EN MOTORES

La vida útil del motor eléctrico depende casi exclusivamente de la vida útil del aislamiento del devanado. Esta se ve afectada por la humedad, vibraciones, ambientes corrosivos y otros. Uno de los factores más importantes es la temperatura. Un aumento de 8 a 10°C por encima del límite de la clase térmica de la temperatura del aislamiento puede reducir la vida útil del devanado por la mitad. El envejecimiento del aislante implica que este se torne reseco, hasta no soportar la tensión y se produzca un corto circuito. La duración del aislamiento es prácticamente ilimitada siempre y cuando se mantenga debajo del límite de su clase (WEG,2016).

El material aislante, impide, limita y direcciona el flujo de corriente de un conductor para la tierra. Además, proporciona soporte mecánico. El sistema de aislante consiste en un esmalte en el alambre, barnices y resina de impregnación.

Figura 8. Clases térmicas para los materiales y sistemas de aislantes

Temperatura ( °C )	Clases de temperatura	
	IEC 60085	UL 1446
90	Y ( 90 °C )	-
105	A ( 105 °C )	-
120	E ( 120 °C )	120 ( E )
130	B ( 130 °C )	130 ( B )
155	F ( 155 °C )	155 ( F )
180	H ( 180 °C )	180 ( H )
200	N ( 200 °C )	200 ( N )
220	R ( 220 °C )	220 ( R )
240	-	240 ( S )
Por encima de 240°C	-	Por encima de 240 ( °C )
250	250	

IEC... International Electrotechnical Commission

UL... Underwriters Laboratories (USA)

La temperatura del punto más caliente del devanado debe ser mantenida por debajo del límite de la clase. La temperatura total vale la suma de la temperatura ambiente con la elevación de temperatura  $\Delta t$  mas la diferencia que existe entre la temperatura media del devanado y la del punto más caliente. Las normas de motores fijan la máxima elevación de la temperatura  $\Delta t$  de modo que la temperatura del punto más caliente queda limitada, basada en las siguientes consideraciones:

- La temperatura ambiente es de un máximo de 40°C, por norma. Por encima de tal, las condiciones de trabajo son consideradas especiales. (WEG,2016)
- La diferencia entre la temperatura media y la del punto más caliente no varía mucho de motor para motor y su valor establecido por la norma, basado en la práctica, es de 5°C, para las clases A y E, 10°C para las clases B y F y 15°C para la clase H (WEG,2016).
- Como regla práctica de campo la temperatura interior de motor (punto más caliente) se puede aproximar a la temperatura externa (carcasa) y sumar de 15 a 20°C. Este valor permite conocer si el barniza del conductor de los devanados se encuentra expuesto a una temperatura mayor según su diseño (Castro, 2010).

Las normas de motores por tanto establecen un máximo para la temperatura ambiente y especifican una elevación de temperatura máxima para cada clase de aislamiento. De este modo queda indirectamente limitada la temperatura del punto más caliente del motor (Castro, 2010).

Figura 9. Valores numéricos y la composición de la temperatura admisible del punto más caliente

Clase de aislamiento		A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
$\Delta t =$ elevación de temperatura ( método de la resistencia )	°C	60	75	80	105	125
Diferencia entre el punto más caliente y la temperatura media	°C	5	5	10	10	15
Total: temperatura del ponto más caliente	°C	105	120	130	155	180

Fuente: WEG (2016)

## 1. Efecto de la altitud

Motores funcionando en altitudes superiores a 1000 msnm presentan problemas de calentamiento debido a la rarefacción del aire y disminución del poder de refrigeración el motor. Según la norma IEC 60034-1 la reducción necesaria en la temperatura ambiente debe ser de 1% de los límites de elevación de temperatura para cada 100 m de altitud por encima de 1000m

La capacidad de disipación de la potencia del motor se ve afectada por la altura y temperatura ambiente. Esta se puede obtener al multiplicar la potencia útil por el factor de multiplicación. (WEG,2016)

Figura 10. Factor de multiplicación de potencia útil

T/H	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000
10	1,16	1,13	1,11	1,08	1,04	1,01	0,97
15	1,13	1,11	1,08	1,05	1,02	0,98	0,94
20	1,11	1,08	1,06	1,03	1,00	0,95	0,91
25	1,08	1,06	1,03	1,00	0,95	0,93	0,89
30	1,06	1,03	1,00	0,96	0,92	0,90	0,86
35	1,03	1,00	0,95	0,93	0,90	0,88	0,84
40	1,00	0,97	0,94	0,90	0,86	0,82	0,80
45	0,95	0,92	0,90	0,88	0,85	0,82	0,78
50	0,92	0,90	0,87	0,85	0,82	0,80	0,77
55	0,88	0,85	0,83	0,81	0,78	0,76	0,73
60	0,83	0,82	0,80	0,77	0,75	0,73	0,70

Fuente: WEG (2016)

# I. TEMPERATURAS EN CONEXIONES ELÉCTRICAS

## 1. Análisis termo gráfico

La termografía infrarroja es una herramienta muy importante para el mantenimiento predictivo, debido a que permite detectar una falla antes que ocurra y así prevenir fallas o paros en las líneas. Entre los beneficios que proporciona esta herramienta se encuentran:

- Localización de problemas potenciales y disminución de gastos de mantenimiento
- Alargar el tiempo de vida del equipo
- Localización de problemas y estado actual del equipo
- Priorizar áreas de mantenimiento
- Ahorro de dinero al evitar paros
- Es un método de análisis que no requiere paro de línea
- Alta precisión y bajo riesgo
- Reducción del tiempo de análisis

(Duarte, 2011)

## 2. Inspección cualitativa

Por medio de la generación de imágenes termo gráficas se puede observar los puntos más calientes del sitio a estudiar. Se puede comparar con gran facilidad cableado que debería estar bajo las mismas condiciones y ver si existen variaciones en sus temperaturas para así realizar medidas correctivas. (Duarte, 2011)

## 3. Inspección cuantitativa

Con el método cuantitativo se mide la temperatura de la imagen térmica, para así poder medir la severidad de la falla que se tiene y poder establecer la prioridad de acción. Actualmente existen varios criterios publicados por distintas asociaciones en donde se relaciona las temperaturas de los equipos contra la temperatura ambiente o la diferencia de temperaturas entre equipos que funcionan a las mismas condiciones. (Duarte, 2011)

Standard for Maintenance Testing Specifications for Electrical Power Equipment and Systems Propociona los siguientes valores para un análisis termográfico y en relación al aumento de tempertaura (International Electrical Testing Association, 2011).

Cuadro 1. Diferencias de temperaturas de análisis termo gráfico por la norma International Electrical Testing Association

Diferencia de temperatura ( $\Delta T$ ) basada en la comparación entre componesn similares bajo cargas similares	Diferencia de temperaturas ( $\Delta T$ ) basada en la comparación entre componentes y temperatura ambiente del aire	Acción recomendada
1°C-3°C	1°C-10°C	Posible deficiencia, requiere investigación
4°C-°15°C	11°C-20°C	Indica probable deficiencia; reparar cuando el tiempo lo permita
-----	21°C-40°C	Monitorerar hasta que se puedan cumplir las medidas correctivas
>15°C	>40°C	Fuerte discrepancia; repare inmediatamente

- Las temperaturas pueden variar dependienod del tipo de equipo. Incluso en el mimso tiepo de equipo (cables) existen varias clasificaciones de temperaturas. El calentamietno se relaciona generalmente como el cuadrado de la corriente, por eso mismo la corriene tiene un mayor impacto en el  $\Delta T$ . (International Electrical Testing Association, 2011)

#### 4. Sistema de clasificiación de termporaturas en Delta-T

Por medio de un analisis termográfico IR se puede evaluar la severidad de los componentes electricos según la siguiente tabla

Cuadro 2. Sistema de clasificación de temperaturas Delta T

Aumento de temperatura del componente relativo a la tempertarua ambiente	Acción recomendada
Equipo de distribución de potencia de alto voltaje	
0°C-10°C	Medidas correctivas deben realizarse en el siguiente período de mantenimiento
10°C-20°C	Se requieren medidas correctivas cuando la programación lo permita
20°C-40°C	Medidas correctivas lo más pronto posible, dependiendo de la clase de carga y la severidad de aumento en temperatura
40°C y mayor	Se requieren medidas correctivas inmediatamente
Equipo de control y distribucion de bajo voltaje	
0°C-10°C	Medidas correctivas deben realizarse en el siguiente período de mantenimiento o cuando la programación lo permita
10°C-20°C	Medidas correctivas requieren prioridad en la programación
20°C-30°C	Medidas correctivas lo más pronto posible
30°C y mayor	Se requieren medidas correctivas inmediatamente

Fuente: Gill (2009)

## 5. Sistema de clasificación de temperatura

Los estándares de temperatura para el equipo eléctrico son publicados por organizaciones como ANSI, IEEE y NEMA. Estos indican la temperatura ambiente aceptable y la máxima elevación de la temperatura permitida sobre la temperatura ambiente y la temperatura máxima permitida.

Cuadro 3. Clasificación de temperaturas según norma ANSI/IEEE C37.14-2002

Equipment	Component	Rated Temperatures (°C)		
		Ambient, $T_{ra}$	Rise	Total, $T_{rt}$
Low-voltage circuit breaker	Terminal connection to bus (or cable)	40	55	95

Fuente: Gill (2009)

La clasificación de temperaturas de cables se puede obtener mediante el grosor y el tipo de cable que se utiliza. Esta se encuentra en la lista del National Electrical Code. La clasificación de corriente permitida se encuentra especificada por el grosor del cable y los datos se pueden obtener en tablas de American Wire Gauge

La norma estandariza los valores a 30°C de temperatura ambiente. La temperatura nominal asociada a la capacidad de corriente de un conductor, se debe elegir y coordinar de modo que no supere la temperatura nominal mínima de cualquier terminación, conductor o dispositivo conectado. Los conductores con temperatura nominal superior a la especificada para las terminaciones, se pueden usar mediante ajuste o corrección de su capacidad de corriente o ambas cosas (Earley, 2016).

Lo establecido para las terminaciones de los equipos para circuitos de 100 A nominales o menos, o marcados para conductores con diámetros de 1.628mm (14 AWG) a 7.348 mm (1 AWG) se debe aplicar solo para conductores de 60°C. Como excepción se tiene que se puede utilizar conductores de mayor temperatura nominal, siempre y cuando la capacidad de corriente de tales conductores se determine tomando como base la capacidad de corriente a 60°C del calibre del conductor usado.

Se debe permitir el uso de las disposiciones para puntos de conexión de los equipos con los conductores de mayor valor nominal a la capacidad de corriente de estos, siempre y cuando el equipo esté certificado para usarlo con conductores de mayor capacidad de corriente.

(INCOTEC, 1998)

Terminaciones y provisiones de equipo para circuitos con una clasificación de más de 100 amperios, o conductores de más de 7.348 mm de diámetro (marcados de un AWG mayor a 1) podrán soportar 75°C. No deben exceder los 75°C para que su ampacidad no se vea afectada (Earley, 2016).

## J. SISTEMATIZACIÓN

### 1. Definición de sistema

Un sistema se refiere al conjunto de elementos que interactúan. Son partes que se relacionan implicando normas y organización de conocimientos con la intención de mejorar los procesos en la práctica (Bertalanffy, 1968).

### 2. Definición de sistematización

La sistematización es un proceso de reflexión sobre la práctica, orientada por un marco de análisis y por un método de trabajo, su sentido es dar cuenta de la historia del proyecto y producir un conocimiento que permita comunicar lo que ha sido su trabajo; a través de este análisis se intenta tomar conciencia de lo realizado, de las transformaciones que ha tenido el proyecto y definir así nuevas líneas de acción (Talagante, 1984:12). De esta manera se ordena, organiza y estructura la información para proponer mejoras en las prácticas actuales.

#### a. Principios de la sistematización

Los principios de la sistematización son criterios que permiten su aplicación. Según Cadena (1987) son los siguientes:

- Resignificación: darle sentido a lo que se vive, se siente, lo que se construye.
- Articulación: se integra; se fusiona la teoría-práctica.
- Globalidad: la realidad enfocada con carácter interdisciplinario.
- Historicidad: las tendencias de la situación actual.
- Pluralismo: en la interpretación se deben tener en cuenta los consensos y disensos, así como, las posiciones que contribuyan a la transformación positiva.
- Participación y socialización: los(as) participantes en el proceso deben optar a la sistematización y hacer conocer los resultados y productos.

Es importante sistematizar, ya que se busca, ordenar procesos, acciones y actividades que se realizan. Mediante esto se permite la evaluación de las prácticas y experiencias, con el fin de proponer cambios, para luego ser compartidas con otros como un modelo (Zuñiga, 1990).

Según Zúñiga (1990) los aspectos que la sistematización analiza durante el proceso son los siguientes:

- Dar cuenta de los orígenes de las prácticas, expectativas o proyectos.
- Explicitar sus fundamentaciones conceptuales o teóricas y su método.
- Explicar la estrategia metodológica durante la práctica.
- Informar de los diferentes actores y situaciones.
- Identificar aciertos y fracasos.
- Tener una propuesta planificada para comunicar.

#### b. Proceso de la sistematización

Según Atehortua (2007), la experiencia de la sistematización se describe de la siguiente manera:

- 1) Descripción del desarrollo de la práctica o experiencia educativa
  - Redacción de objetivos
  - Actividades realizadas, técnicas implementadas e instrumentos aplicados
  - Periodo de tiempo en el cual se realizó
  - Cantidad y descripción de las personas participantes
  - Descripción del lugar donde se desarrolló.
  - Evaluación de la práctica o experiencias.
- 2) Marco teórico en el cual se describe la experiencia.
- 3) Contexto
  - Histórico, social, político y económico.
  - Tipo de institución, características.
- 4) La intencionalidad de la experiencia o práctica educativa.
- 5) La estrategia metodológica que se implementó.
  - Definición conceptual de la metodología.
  - Descripción del proceso realizado
  - Explicación de las técnicas que se implementaron
  - Explicación de los instrumentos utilizados
  - Evaluación de la metodología
- 6) Análisis del desarrollo de la experiencia
  - Las contradicciones que se encontraron y cómo se asumieron.
  - Los aspectos del contexto local e institucional que han facilitado o dificultado la ejecución de la experiencia pedagógica.

- Los aciertos y los desaciertos en su ejecución, planeación y evaluación.
  - Las nuevas definiciones que han debido formularse con relación al planteamiento original.
- 7) Resultados de la experiencia
- Productos
  - Conclusiones generales, hallazgos conceptuales y metodológicos.
  - Evaluación: responder a los objetivos planteados.
- 8) Estrategias, técnicas y herramientas para comunicar experiencia o conocimientos.

## K. CAPACITACIÓN

### 1. Definición de capacitación

Según De Cenzo y Robbins (1995) la capacitación es el proceso de una experiencia aprendida que produce cambios permanentes en los colaboradores, para que estos puedan ser aplicados y mejoren su desempeño en el área de trabajo, con el fin de alcanzar los objetivos de la institución.

Capacitar implica un cambio de habilidades, conocimientos, actitudes o comportamientos. Esto representa que es evidente el cambio en los conocimientos previos, maneras de trabajar e interacción con el equipo de trabajo.

### 2. Proceso de capacitación

#### a. Diagnóstico de necesidades de capacitación

Una capacitación debe realizarse siempre teniendo en claro un enfoque o competencia, para desarrollar la misma, y para ello es importante realiza un inventario de las necesidades de una organización. Cuando se habla de un diagnóstico se refiere a la investigación previa a la capacitación que se realiza para conocer las áreas a mejorar que tienen los colaboradores o la institución. Es la diferencia entre lo que una persona debería saber y hacer y aquello que realmente sabe y hace (Chiavenato, 2011). Al identificar las necesidades es posible capacitar de manera objetiva y no será considerada una pérdida de tiempo.

Un diagnóstico de necesidades es la primera etapa del proceso de capacitación y es la base fundamental, ya que a partir de allí se trazarán los objetivos, metodología y luego, el proceso de evaluación. El análisis debe realizarse en los tres niveles.

## b. Sistema organizacional

Dolan, *et al.* (2013), indican que en este análisis deben especificarse los objetivos a corto, medio y largo plazo de toda la organización, así como las tendencias que puedan afectar el cumplimiento de dichos objetivos. Este análisis también debe ayudar a determinar y establecer la filosofía de la capacitación para toda la empresa. Esto quiere decir que permitirá establecer la importancia y política que la empresa brindará a este proceso.

## c. Sistema de capacitación

Dolan *et al.* (2003) indican que un análisis de los recursos humanos permite establecer la demanda del recurso humano (v.gr., personal), habilidades requeridas y por lo tanto de los programas que pueden establecerse, en este último aspecto, los programas pueden ser de capacitación y/o generación de nuevos empleos. El análisis cualitativo y cuantitativo debe cubrir las necesidades presentes y futuras de la organización.

## d. Sistema de adquisición de habilidades

Chiavenato (2011) indica que este es el análisis más restringido para determinar las necesidades de capacitación, debido a que se ocupa únicamente de los puestos y las habilidades, conocimientos y las responsabilidades que las personas deben asumir para ocuparlo.

## e. Diseño del programa de capacitación

Según lo indican Snell y Bohlander (2001) una vez que se han determinado las necesidades de capacitación, el siguiente paso es diseñar el tipo de ambiente de aprendizaje necesario para su fortalecimiento. El éxito de los programas de capacitación depende de la capacidad de la organización para identificar las necesidades de formación.

En esta segunda etapa es importante el trazar objetivos específicos, se plantea una forma para abordar las necesidades de manera integral. Durante esta fase se responden a las siguientes preguntas: ¿Quién debe ser capacitado? ¿Cómo capacitar? ¿En qué capacitar? ¿Quién capacitará? ¿Dónde se capacitará? ¿Para qué capacitar?

Se eligen las herramientas, estrategias necesidades, se establece el método y los materiales a utilizar. Se debe responder a la pregunta: ¿Cómo capacitar para cumplir los objetivos de capacitación? Es preciso resaltar

que este plan debe contemplar eventos inesperados o fallas en las herramientas a utilizar y tener un plan de contingencia para cada eventualidad, a fin de no interrumpir la capacitación.

#### f. Ejecución

En esta etapa se realiza un taller de capacitación al personal de la empresa, basado en las necesidades detectadas en las etapas previas. En el mismo, se busca presentar conocimientos y habilidades nuevas para que el personal pueda realizar un trabajo eficaz y eficiente o mejorar los procesos dentro de la empresa, a fin de obtener resultados óptimos. En esta etapa es importante resaltar:

- Calidad de material didáctico.
- Calidad de los instructores (conocimiento y habilidades pedagógicas)

Además, se debe buscar garantizar la motivación del personal de participar activamente en el taller de capacitación y aplicar posteriormente los conceptos aprendidos.

#### g. Evaluación y seguimiento

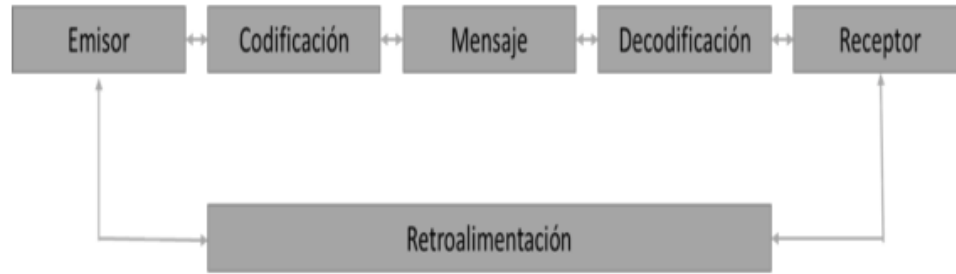
Tras haber finalizado la capacitación, se debe evaluar si los resultados obtenidos son los esperados por la empresa y evaluar la eficacia de lo presentado. Es preciso resaltar que estos pueden no ser inmediatos, sino verse reflejados a largo plazo (Sherman, 2001). Existen cuatro criterios para evaluar la capacitación: reacciones, aprendizajes, comportamiento y resultados, estos cuatro son integradas y permiten un panorama del éxito o mejoras en el programa (Kirkpatrick, 1998).

Para determinar las normas de evaluación y el nivel de conocimiento de los capacitados, se debe realizar una primera evaluación para determinar lo antes descrito. Posterior a la capacitación, se debe realizar una segunda evaluación, para verificar si hubo algún cambio en el nivel de conocimientos.

#### h. Realimentación

El concepto de realimentación fue introducido por Wiener (1984) quien fue el inventor de la cibernética. Él definía este concepto extraído de la mecánica, como todo método que se emplea para controlar un sistema, reinsertando en él los resultados de su actividad anterior. El concepto nace a partir del modelo tradicional de comunicación creado por Shannon y Weaver (1985) representado en la siguiente figura:

Figura 11. Modelo de comunicación

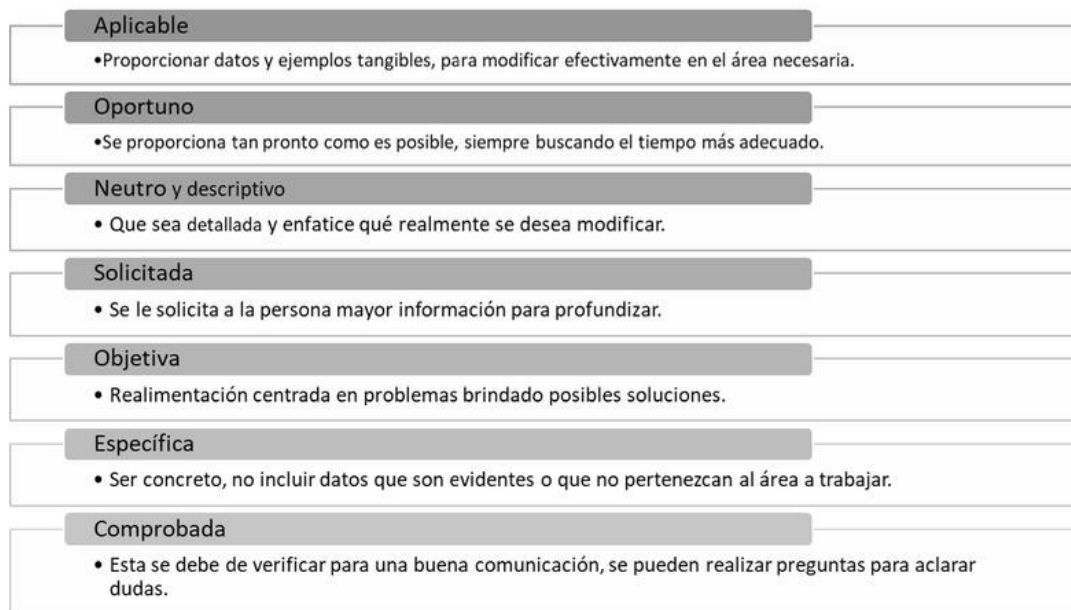


Fuente: Shannon & Weaver (1949)

La retroalimentación mejora el desarrollo de tareas, actividades, implementaciones mediante la evaluación continua, basado en los objetivos de los resultados. También permite verificar fortalezas y debilidades, considerar puntos positivos y negativos. En general, es aplicada en la gestión de empresas, pero también en ámbitos como la administración, ingeniería, arquitectura, economía y educación.

Fritzen (1996) menciona los principios efectivos y constructivistas de la realimentación, los cuales se mencionan en la siguiente figura:

Figura 12. Principios efectivos y constructivista de la realimentación



Fuente: Fritzen (1996)

## L. PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

### 1. Enseñanza

Anteriormente la enseñanza se consideraba como el proceso de realizar actividades que permitían llevar al estudiante a aprender, a instruir y a poner en práctica lo aprendido. En la actualidad el enfoque de enseñanza se basa en comprender, a relacionar lo aprendido, a internalizar según las experiencias y aplicarlo según la situación que se representa (Chiavenato, 1999).

### 2. Aprendizaje

Según Chiavenato (1999) la personalidad humana está constituida por dos factores importantes: el hereditario y el ambiental, al cual se refiere como el aprendizaje. El aprendizaje es el proceso que permite desarrollar en el individuo conocimientos del ambiente y las experiencias a lo largo de la vida, ese proceso sucede cuando se modifica el comportamiento de una persona, luego de recibir un estímulo. Se relación con la práctica el refuerzo, la retención y el olvido.

### 3. Proceso de enseñanza aprendizaje

El proceso de enseñanza aprendizaje es un “sistema de comunicación intencional que se produce en un marco institucional y en el que se generan estrategias encaminadas a provocar el aprendizaje” (Contreras, 1990:23).

Según Piaget (1976), todo proceso de enseñanza aprendizaje se enfoca en lo que el individuo sabe hacer y aprender, esto depende de la etapa de vida en la que esté. A partir de ahí es posible establecer los objetivos y el contenido que se adapte a sus necesidades.

Debido a que el proceso de enseñanza aprendizaje se presenta en varias etapas del ser humano, es importante mencionar el tema de la andragogía, la cual se enfoca en el tipo de población que forma parte de esta investigación.

### 4. Andragogía

Según Brandt (1998), la Andragogía se encarga de la educación entre, para y por adultos y la asume como su objeto de estudio y realización, vista como autoeducación, debido a que el adulto es consciente de lo que hace, es capaz de tomar decisiones, exigir, asume un compromiso, es responsable de la realización personal.

La andragogía busca potenciar en cada alumno conocimientos, valores, actitudes, nuevas experiencias, se interesa por saber cómo el adulto aprende, qué aprende y cuándo lo aprende, tomando en cuenta sus necesidades e intereses. La andragogía no se limita únicamente al desarrollo de conocimientos, sino consiste en integrar el crecimiento en el área profesional, personal, como ente social, como ciudadano responsable (Marrero, 2004).

## M. TALLER PEDAGÓGICO

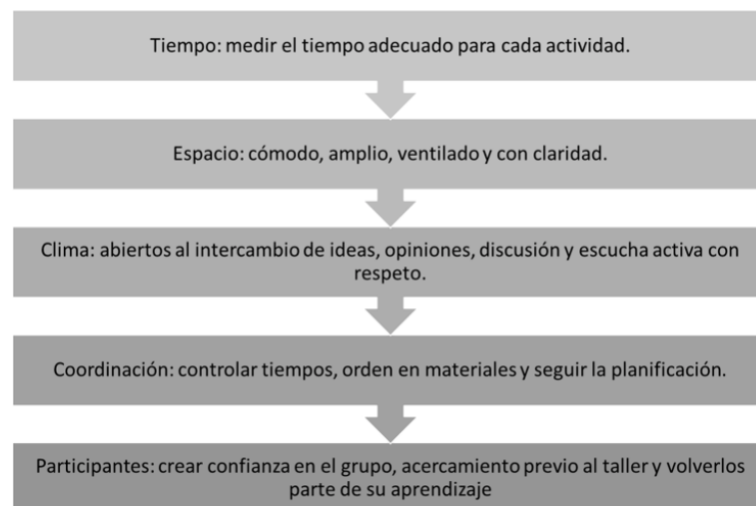
El taller es una estrategia didáctica que permite un espacio de aprendizaje práctico, dirigido a un grupo de personas, con el objetivo de desarrollar un tema específico. El taller es concebido como una realidad integradora, en donde se une la teoría y la práctica para orientar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Chávez, 2008).

Según Ardila (2013), el taller pedagógico es la realización de un conjunto de actividades teórico-prácticas que un grupo de personas ejecuta de manera coordinada con base a un tema específico con el objetivo de encontrar y crear alternativas de solución de problemas, favoreciendo el aprendizaje, el conocimiento, la creatividad, productividad y expansión de los saberes.

### 1. Diseño de un taller

El taller se enfoca en aprendizajes y toma en cuenta los siguientes aspectos para su desarrollo óptimo: tiempo de trabajo, espacio, clima, coordinación y los participantes (Lardone & Andruetto, 2003).

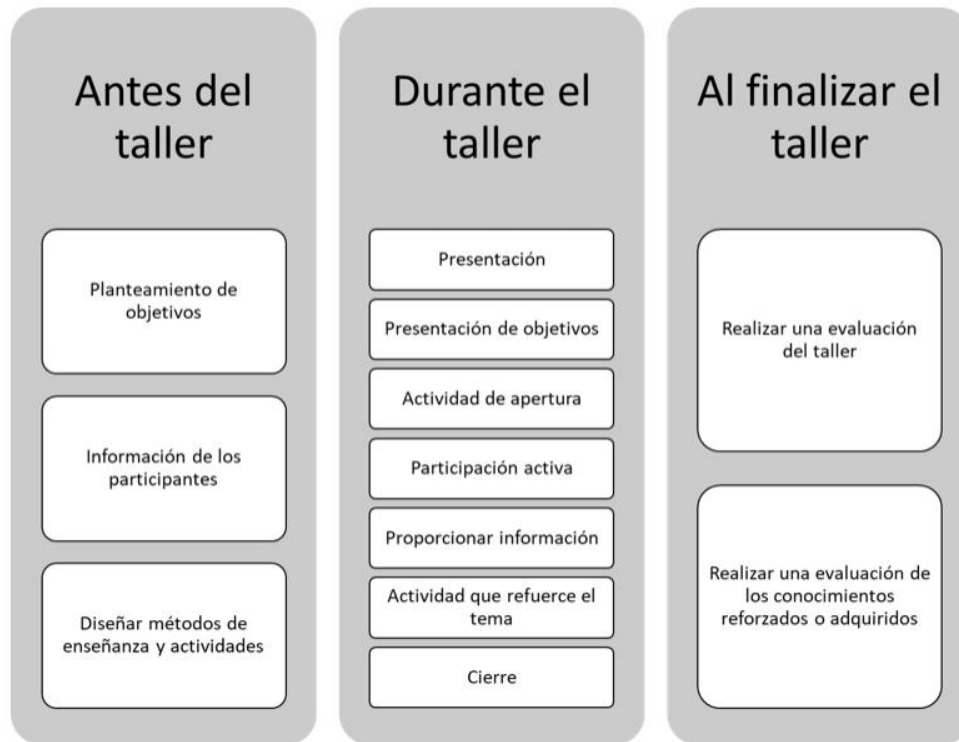
Figura 13. Aspectos para diseño de un taller



Fuente: Lardone y Andruetto (2003)

Betancourt, Guevara Murillo y Fuentes (2011) propone un modelo para el diseño de un taller el cual se describe en los siguientes pasos:

Figura 14. Principios efectivos y constructivista de la realimentación



Fuente: Betancourt *et al.* (2011)

Tomar en cuenta que el taller debe girar con base a las necesidades que se esperan resolver, mismas que se verán reflejadas en los objetivos y actividades planificadas en el taller.

Para evaluar el taller Betancourt et al. (2011), se refieren a dos tiempos de evaluación. La evaluación de los aprendizajes en los participantes y la que evalúa el taller en general. La evaluación se realiza de manera integral, debido a que ésta valora los cambios que surgen en los participantes, la eficacia de las técnicas empleadas, el desempeño del moderador y permite el comentario para mejoras en las futuras prácticas. Esta no solo debe fijarse en el área negativa, sino estar enfocada en aspectos positivos y de mejora.

## N. CONCIENTIZACIÓN EN EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

### 1. Definición de concientización

Según Freire citado por Pallarés (2018), él profundizó en el concepto de concientización, que caracterizó como: Proceso mediante el que las personas son estimuladas y animadas a explorar su realidad y su conciencia, de forma que la comprensión de la realidad y de su propia conciencia es cada vez más profunda, y comienza a comprometerse como praxis (Kirkwood y Kirkwood, 2011:172).

Para Freire, la concientización resultó inseparable de la liberación, que se da en la historia mediante una praxis transformadora. Como señala Chesney (2008: 54): “El proceso de concientización se caracteriza por el diálogo franco; la liberación que produce la concientización exige una desmitificación total”. En palabras de Freire (1973: 13): “El trabajo humanizante no podrá ser otro que el trabajo de la desmitificación. Por esto mismo, la concientización es la mirada más crítica posible de la realidad”. (de Calle, Merche. “Energías renovables”. Magazine *on-line* Waste. Disponible en: <http://waste.ideal.es/renovables.htm>).

### 2. Energía renovable

Las Fuentes de Energía Renovable (FNCER) como: eólica, solar fotovoltaica, biomasa, pequeñas centrales hidroeléctricas, mareomotriz, la geotérmica, entre otras, son fuentes de generación de energía eléctrica consideradas limpias porque su nivel de emisiones de gases efecto invernadero es insignificante. Las FNCER son renovables porque su fuente primaria de energía es renovable, es cíclica, se conserva, y para la esperanza de vida del ser humano, las fuentes primarias de las FNCER son inagotables. Así, por ejemplo, el viento, es la fuente primaria de la energía eólica, el Sol, es la fuente primaria de la energía fotovoltaica, el agua es la fuente primaria de la energía hidroeléctrica y mareomotriz, así como la alta temperatura de la tierra en su interior en inmediaciones de volcanes, es la fuente primaria de la energía geotérmica.

### 3. Energía no renovable

Energía no renovable o energía convencional es un término genérico referido a aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada y, una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse, porque no existe un sistema de producción o extracción viable la producción desde otras fuentes es demasiado pequeña como para resultar útil a corto plazo.

## V. ANTECEDENTES

La empresa en la cual se realizó el trabajo de análisis de los motores cuenta con un registro mensual de consumo de energía eléctrica subdividido en cada una de sus líneas. Los datos proporcionados por la empresa corresponde a los meses de diciembre 2018, abril 2019 y mayo 2019 respectivamente. Las tablas de consumo eléctrico proporcionadas son las siguientes

Figura 15. Consumo mensual diciembre 2018

No.	CECO	Descripción sistema	Total máquinas	Descripción específica	Horas	% de distribución	Costo asignado factura
1	6001000000	Extrusor rafia 8	1	Extrusor rafia 8	585	7.570%	Q 78,109.63
2	6001000001	Extrusor rafia 7	1	Extrusor rafia 7	574.29	4.246%	Q 43,811.55
3	6001000002	Extrusor rafia 6	1	Extrusor rafia 6	574.29	5.894%	Q 60,816.13
4	6001000003	Extrusor rafia 5	1	Extrusor rafia 5	456.43	3.724%	Q 38,425.40
5	6001000004	Extrusor rafia 4	1	Extrusor rafia 4	-	0.000%	Q -
6	6001000005	Molinos y corte de rafia	2	Molinos y corte de rafia	480	0.612%	Q 6,314.81
7	6001000007	Roblon	3	Roblon	782.14	0.645%	Q 6,655.31
8	6001010000	SL4	9	SL4	-	0.000%	Q -
9	6001010001	SL6	35	SL6	10,010.36	2.552%	Q 26,332.33
10	6001010102	Telares leno Plus	3	Telares leno plus	1,263.21	0.322%	Q 3,322.50
11	6001010003	Alpha 6	25	Alpha 6	10,135.71	2.584%	Q 26,662.52
12	6001010004	FX 6	64	FX 6	27,991.07	7.137%	Q 73,641.80
13	6001010100	Telares leno SL4	10	Telares leno SL4	4,071.43	1.038%	Q 10,710.41
14	6001010101	Telares leno HDE	12	Telares leno HDE	3,232.50	1.317%	Q 13,589.22
15	6001010200	Stacotec 1	1	Laminadora # 1	363.21	1.669%	Q 17,221.26
16	6001010201	Stacotec 2	1	Laminadora # 2	335.36	2.155%	Q 22,235.96
17	6001010202	Stacotec 3	1	Laminadora # 3	426.43	3.180%	Q 32,812.23
18	6001010300	Tubing	1	Tubing	-	0.000%	Q -
19	6001010401	Filipini	1	Filipini	220.71	0.985%	Q 10,163.54
20	6001010402	Dynaflex	1	Dynaflex	341.79	1.351%	Q 13,940.04
21	6001010403	Tambor central	1	Tambor central	109.29	1.115%	Q 11,504.92
22	6001010404	Impresora manual	1	Impresora manual PP	180	0.057%	Q 588.14
23	6001020000	Starkon	1	Starkon	237.86	0.624%	Q 6,438.63
24	6001020001	Convertex 2	1	Convertex 2	-	0.000%	Q -
25	6001020003	Convertex 3.2	1	Convertex 3.2	218.57	0.641%	Q 6,614.04
26	6001020004	Sliter	1	Sliter PP	156.43	0.075%	Q 773.87
27	6001020100	Multikon	1	Multikon	452.14	0.293%	Q 3,023.27
28	6001020101	Kon 2002	5	Kon 2002	1,170.00	0.758%	Q 7,821.28
29	6001020102	Kon 2000	1	Kon 2000	240	0.155%	Q 1,599.34
30	6001020103	Semi Kon	1	Semi Kon	5.36	0.002%	Q 20.64
31	6001020104	Lienzo	1	Refiladora de polipropileno	144.64	0.069%	Q 711.96
32	6001020300	Costura over	9	Máquinas de costura over lock	4,536.00	0.179%	Q 1,846.98
33	6001020301	Costura plana	4	Costura plana	2,016.00	0.064%	Q 660.37
34	6001020500	Enfardado	1	Enfardadora	248.57	0.143%	Q 1,475.52
35	6001020700	Recostar	1	Recostar	429.64	1.780%	Q 18,366.60
36	6001030000	Telar de cincho	1	Telar plano müller	245.36	0.023%	Q 237.32
37	6001040000	Ratera	10	Ratera	4,592.14	0.274%	Q 2,827.22
38	6001040001	Susmatex	4	Susmatex	377.14	0.009%	Q 92.86
39	6002000000	Extrusor PE 4	1	Extrusor PE 4	58.93	0.068%	Q 701.65
40	6002000001	Extrusor PE 7	1	Extrusor PE 7	564.64	2.807%	Q 28,963.50
41	6002000002	Extrusor PE 6	1	Extrusor PE 6	242.14	1.667%	Q 17,200.63
42	6002000003	Extrusor PE 8	1	Extrusor PE 8	530.36	8.452%	Q 87,210.38

No.	CECO	Descripción sistema	Total máquinas	Descripción específica	Horas	% de distribución	Costo asignado factura
43	6002000004	Extrusor PE 3	1	Extrusor PE 3	10.71	0.012%	Q 123.82
44	6002000100	Mamata	1	Mamata	354.64	0.497%	Q 5,128.20
45	6002000101	Cortadoras chinas	1	Cortadora	-	0.000%	Q -
46	6002000102	Hudson sharp	2	Hudson Sharp	262.5	0.230%	Q 2,373.21
47	6002030000	Impresión polietileno	1	Impresión polietileno	-	0.000%	Q -
48	6003000000	Austrofil	1	Austrofil	-	0.000%	Q -
49	6003000001	Lohfil	1	Lohfil	468.21	2.806%	Q 28,953.18
50	6003000100	Rati	1	Rati	250.71	0.136%	Q 1,403.29
51	6003000101	Verdol	1	Entorchadora verdol	278.57	0.192%	Q 1,981.12
52	6003000201	Hacoba	1	Hacoba	133.93	0.006%	Q 61.91
53	6004000000	Embobinado	1	Cortadora schmutz	24.64	0.006%	Q 61.91
54	6004000001	Impresión y Corte	1	Impresora-cortadora Schmutz	35.36	0.018%	Q 185.73
55	6004000003	Costura	6	Costura yute	1,152.00	0.022%	Q 227.00
56	6006000001	Telar Jumbo SL82	1	Telar Jumbo SL82	366.43	0.280%	Q 2,889.13
57	6006000000	Telares Jumbo SL8	2	Telares Jumbo SL8	125.36	0.076%	Q 784.19
58	6006000002	Telares Jumbo SL61	1	Telares Jumbo SL61	327.86	0.138%	Q 1,423.93
59	6006000200	GEBR	1	Máquina cortadora jumbo	94.29	0.061%	Q 629.42
60	6006000300	Costura	27	Máquinas costura jumbo	4,968.00	0.073%	Q 753.24
61	6007000000	Cliche	2	Cliche	39.64	0.046%	Q 474.64
62	6008000000	Chillers y Accesorios	7	Chillers y Accesorios	418	12.044%	Q 124,273.76
63	6008000001	Compresores y Accesorios	6	Compresores y Accesorios	373.93	5.363%	Q 55,337.11
64	6000000002	Bodega MP,PT	4	Mantenimiento Bodega MP,PT	640	5.222%	Q 53,882.23
65	6030050113	Taller de Mantenimiento	4	Taller de Mantenimiento	280	0.625%	Q 6,448.95
66	6001030100	GEBR	1	Cortadora cincho GEBR HEIL	17.14	0.003%	Q 30.95
67	6006000100	Impresión	1	Impresora jumbo Fredavid	24.64	0.039%	Q 402.41
68	6006000600	Enfardado	1	Enfardador 4 jumbo	125.36	0.071%	Q 732.60
69	6001010005	Nova 6	7	Telar Nova 6	2,707.50	0.656%	Q 6,768.81
70	6001010006	Nova 61	2	Telar Nova 61	732.86	0.178%	Q 1,836.66
71	6001020701	Erema	1	Peletizador Erema	495	1.735%	Q 17,902.27
72	6002000300	Compactado	1	Compactadora Condor	238.93	0.168%	Q 1,733.48
73	6002020201	TITAN	1	Titan	120	0.168%	Q 1,733.48
74	6030060009	MO colector impresión	1	Recicladora de solventes	360	0.275%	Q 2,837.54
75	6004000005	Selladora alta frecuencia	3	Selladora alta frecuencia	-	0.000%	Q -
76	6030050105	Bodega PT	1	Detector de metales Mettler	75	0.013%	Q 134.14
77	6001000006	Transporte de resina	2	Estación de transporte resina	420	0.442%	Q 4,560.69
78	6030060001	Iluminación	7	(Sin registro previo)	500	1.912%	Q 19,728.61
79	6001010204	Laminadora Nordmeccanica	1	(sin registro previo)	48.21	0.184%	Q 1,898.57
80	6001010301	Twisting	1	Chanfling (sin registro previo)	75	0.009%	Q 92.86
81	6006000400	Limpieza Jumbo	2	(sin registro previo)	300	0.057%	Q 588.14
82	6001030001	Telar Chino 1"	1	(registrado antes)	-	0.000%	Q -
83	6001030002	Telar Chino 3"	1	(registrado antes)	-	0.000%	Q -
84	6001030003	Telar Chino 4"	1	(registrado antes)	-	0.000%	Q -
						99.999%	<b>Q 1,031,820.93</b>

- Continuación Figura 15

Figura 16. Consumo mensual abril 2019

No.	CECO	Descripción sistema	Total máquinas	Descripción específica	Horas	% de distribución	Costo asignado factura
1	6001000000	Extrusor rafia 8	1	Extrusor rafia 8	564.64	7.803%	Q 77,164.97
2	6001000001	Extrusor rafia 7	1	Extrusor rafia 7	537.86	4.247%	Q 41,999.18
3	6001000002	Extrusor rafia 6	1	Extrusor rafia 6	506.79	5.554%	Q 54,924.29
4	6001000003	Extrusor rafia 5	1	Extrusor rafia 5	431.79	3.762%	Q 37,202.95
5	6001000004	Extrusor rafia 4	1	Extrusor rafia 4	-	0.000%	Q -
6	6001000005	Molinos y corte de rafia	2	Molinos y corte de rafia	360	0.490%	Q 4,845.68
7	6001040002	Roblon	3	Roblon	372.86	0.328%	Q 3,243.64
8	6001010000	SL4	9	SL4	1,162.50	0.317%	Q 3,134.86
9	6001010001	SL6	35	SL6	11,662.50	3.176%	Q 31,407.91
10	6001010102	Telares leno Plus	3	Telares leno plus	1,157.14	0.315%	Q 3,115.08
11	6001010003	Alpha 6	25	Alpha 6	9,345.00	2.545%	Q 25,167.86
12	6001010004	FX 6	64	FX 6	24,053.57	6.550%	Q 64,773.87
13	6001010100	Telares leno SL4	10	Telares leno SL4	3,654.64	0.995%	Q 9,839.70
14	6001010101	Telares leno HDE	12	Telares leno HDE	3,088.93	1.344%	Q 13,291.01
15	6001010200	Stacotec 1	1	Laminadora # 1	409.29	2.009%	Q 19,867.28
16	6001010201	Stacotec 2	1	Laminadora # 2	450	3.088%	Q 30,537.67
17	6001010202	Stacotec 3	1	Laminadora # 3	394.29	3.140%	Q 31,051.90
18	6001010300	Tubing	1	Tubing	-	0.000%	Q -
19	6001010401	Filipini	1	Filipini	182.14	0.868%	Q 8,583.77
20	6001010402	Dynaflex	1	Dynaflex	310.71	1.311%	Q 12,964.66
21	6001010403	Tambor central	1	Tambor central	126.43	1.377%	Q 13,617.35
22	6001010404	Impresora manual	1	Impresora manual PP	-	0.000%	Q -
23	6001020000	Starkon	1	Starkon	262.5	0.735%	Q 7,268.52
24	6001020001	Convertex 2	1	Convertex 2	-	0.000%	Q -
25	6001020003	Convertex 3.2	1	Convertex 3.2	192.86	0.604%	Q 5,973.04
26	6001020004	Sliter	1	Sliter PP	106.07	0.054%	Q 534.01
27	6001020100	Multikon	1	Multikon	362.14	0.250%	Q 2,472.29
28	6001020101	Kon 2002	5	Kon 2002	1,245.00	0.861%	Q 8,514.55
29	6001020102	Kon 2000	1	Kon 2000	32.14	0.022%	Q 217.56
30	6001020103	Semi Kon	1	Semi Kon	5.36	0.002%	Q 19.78
31	6001020104	Lienzo	1	Refladora de polipropileno	170.36	0.087%	Q 860.36
32	6001020300	Costura over	9	Máquinas de costura over lock	4,320.00	0.182%	Q 1,799.82
33	6001020301	Costura plana	4	Costura plana	1,920.00	0.065%	Q 642.79
34	6001020500	Enfardado	1	Enfardadora	270	0.165%	Q 1,631.71
35	6001020700	Recostar	1	Recostar	246.43	1.090%	Q 10,779.16
36	6001030000	Telar de cincho	1	Telar plano müller	-	0.000%	Q -
37	6001040000	Ratera	10	Ratera	3,376.07	0.215%	Q 2,126.17
38	6001040001	Susmatex	4	Susmatex	270	0.007%	Q 69.22
39	6002000000	Extrusor PE 4	1	Extrusor PE 4	34.29	0.042%	Q 415.34
40	6002000001	Extrusor PE 7	1	Extrusor PE 7	544.29	2.890%	Q 28,579.62
41	6002000002	Extrusor PE 6	1	Extrusor PE 6	549.64	4.041%	Q 39,962.02
42	6002000003	Extrusor PE 8	1	Extrusor PE 8	578.57	9.846%	Q 97,368.48

No.	CECO	Descripción sistema	Total máquinas	Descripción específica	Horas	% de distribución	Costo asignado factura
43	6002000004	Extrusor PE 3	1	Extrusor PE 3	-	0.000%	Q -
44	6002000100	Mamata	1	Mamata	244.29	0.366%	Q 3,619.43
45	6002000101	Cortadoras chinas	1	Cortadora	63.21	0.011%	Q 108.78
46	6002000102	Hudson sharp	2	Hudson Sharp	303.21	0.283%	Q 2,798.63
47	6002030000	Impresión polietileno	1	Impresión polietileno	61.07	0.034%	Q 336.23
48	6003000000	Austrofil	1	Austrofil	-	0.000%	Q -
49	6003000001	Lohfil	1	Lohfil	151.07	0.967%	Q 9,562.80
50	6003000100	Rati	1	Rati	95.36	0.055%	Q 543.90
51	6003000101	Verdol	1	Entorchadora verdol	79.29	0.058%	Q 573.57
52	6003000201	Hacoba	1	Hacoba	97.5	0.005%	Q 49.45
53	6004000000	Embobinado	1	Cortadora schmutz	51.43	0.013%	Q 128.56
54	6004000001	Impresión y Corte	1	Impresora-cortadora Schmutz	94.29	0.050%	Q 494.46
55	6004000003	Costura	6	Costura yute	1,440.00	0.029%	Q 286.79
56	6006000001	Telar Jumbo SL82	1	Telar Jumbo SL82	258.21	0.211%	Q 2,086.61
57	6006000000	Telares Jumbo SL8	2	Telares Jumbo SL8	275.36	0.178%	Q 1,760.27
58	6006000002	Telares Jumbo SL61	1	Telares Jumbo SL61	246.43	0.111%	Q 1,097.69
59	6006000200	GEBR	2	Máquina cortadora jumbo	175.71	0.156%	Q 1,542.71
60	6006000300	Costura	27	Máquinas costura jumbo	6,480.00	0.101%	Q 998.80
61	6007000000	Cliche	2	Cliche	50.36	0.062%	Q 613.13
62	6008000000	Chillers y Accesorios	7	Chillers y Accesorios	380	11.692%	Q 115,623.84
63	6008000001	Compresores y Accesorios	6	Compresores y Accesorios	328.75	5.035%	Q 49,791.82
64	6000000002	Bodega MP,PT	4	Mantenimiento Bodega MP,PT	600	5.228%	Q 51,700.43
65	6030050113	Taller de Mantenimiento	4	Taller de Mantenimiento	250	0.596%	Q 5,893.93
67	6006000100	Impresión	1	Impresora jumbo Fredavid	26.79	0.046%	Q 454.90
68	6006000600	Enfardado	1	Enfardador 4 jumbo	154.29	0.093%	Q 919.69
69	6001010005	Nova 6	7	Telar Nova 6	2,277.86	0.589%	Q 5,824.70
70	6001010006	Nova 61	2	Telar Nova 61	671.79	0.174%	Q 1,720.71
71	6001020701	Erema	1	Peletizador Erema	97.5	0.365%	Q 3,609.54
72	6002000300	Compactado	1	Compactadora Condor	193.93	0.145%	Q 1,433.93
73	6002020201	TITAN	1	Titan	240	0.359%	Q 3,550.20
74	6030060009	MO colector impresión	1	Recicladora de solventes	360	0.294%	Q 2,907.41
75	6004000005	Selladora alta frecuencia	3	Selladora alta frecuencia	-	0.000%	Q -
76	6030050105	Bodega PT	1	Detector de metales Mettler	75	0.014%	Q 138.45
77	6001000006	Transporte de resina	2	Estación de transporte resina	-	0.000%	Q -
78	6030060001	Iluminación	7	(Sin registro previo)	500	2.042%	Q 20,193.63
79	6001010204	Laminadora Nordmeccanica	1	(sin registro previo)	41.79	0.171%	Q 1,691.04
80	6001010301	Twisting	1	Chanfling (sin registro previo)	156	0.020%	Q 197.78
81	6006000400	Limpieza Jumbo	2	(sin registro previo)	240	0.049%	Q 484.57
82	6001030001	Telar Chino 1"	1	(registrado antes)	150	0.015%	Q 148.34
83	6001030002	Telar Chino 3"	1	(registrado antes)	-	0.000%	Q -
84	6001030003	Telar Chino 4"	1	(registrado antes)	-	0.000%	Q -
						99.99%	Q988,854.77

- Continuación Figura 16

Figura 17. Consumo mensual mayo 2019

No.	CECO	Descripción sistema	Total máquinas	Descripción específica	Horas	% de distribución	Costo asignado factura
1	6001000000	Extrusor rafia 8	1	Extrusor rafia 8	663.21	7.855%	Q 91,557.40
2	6001000001	Extrusor rafia 7	1	Extrusor rafia 7	559.29	3.785%	Q 44,117.73
3	6001000002	Extrusor rafia 6	1	Extrusor rafia 6	624.64	5.868%	Q 68,397.05
4	6001000003	Extrusor rafia 5	1	Extrusor rafia 5	577.50	4.313%	Q 50,272.07
5	6001000004	Extrusor rafia 4	1	Extrusor rafia 4	-	0.000%	Q -
6	6001000005	Molinos y corte de rafia	2	Molinos y corte de rafia	360.00	0.420%	Q 4,895.49
7	6001040002	Roblon	3	Roblon	806.79	0.609%	Q 7,098.47
8	6001010000	SL4	9	SL4	1578.21	0.368%	Q 4,289.39
9	6001010001	SL6	35	SL6	14333.57	3.345%	Q 38,989.12
10	6001010102	Telares leno Plus	3	Telares leno plus	1360.71	0.318%	Q 3,706.59
11	6001010003	Alpha 6	25	Alpha 6	10314.64	2.407%	Q 28,055.85
12	6001010004	FX 6	64	FX 6	28186.07	6.578%	Q 76,672.77
13	6001010100	Telares leno SL4	10	Telares leno SL4	3920.36	0.915%	Q 10,665.18
14	6001010101	Telares leno HDE	12	Telares leno HDE	1231.07	0.459%	Q 5,350.08
15	6001010200	Stacotec 1	1	Laminadora # 1	491.79	2.069%	Q 24,116.14
16	6001010201	Stacotec 2	1	Laminadora # 2	431.79	2.540%	Q 29,606.09
17	6001010202	Stacotec 3	1	Laminadora # 3	499.29	3.408%	Q 39,723.44
18	6001010300	Tubing	1	Tubing	-	0.000%	Q -
19	6001010401	Filipini	1	Filipini	202.50	0.827%	Q 9,639.46
20	6001010402	Dynaflex	1	Dynaflex	350.36	1.267%	Q 14,768.08
21	6001010403	Tambor central	1	Tambor central	175.71	1.640%	Q 19,115.74
22	6001010404	Impresora manual	1	Impresora manual PP	-	0.000%	Q -
23	6001020000	Starkon	1	Starkon	331.07	0.795%	Q 9,266.47
24	6001020001	Convertex 2	1	Convertex 2	-	0.000%	Q -
25	6001020003	Convertex 3.2	1	Convertex 3.2	396.43	1.064%	Q 12,401.92
26	6001020004	Sliter	1	Sliter PP	157.50	0.069%	Q 804.26
27	6001020100	Multikon	1	Multikon	446.79	0.265%	Q 3,088.82
28	6001020101	Kon 2002	5	Kon 2002	1465.71	0.869%	Q 10,129.01
29	6001020102	Kon 2000	1	Kon 2000	2.14	0.001%	Q 11.66
30	6001020103	Semi Kon	1	Semi Kon	-	0.000%	Q -
31	6001020104	Lienzo	1	Refiladora de polipropileno	244.29	0.107%	Q 1,247.19
32	6001020300	Costura over	9	Máquinas de costura over lock	4752.00	0.172%	Q 2,004.82
33	6001020301	Costura plana	4	Costura plana	2112.00	0.062%	Q 722.67
34	6001020500	Enfardado	1	Enfardadora	260.36	0.137%	Q 1,596.86
35	6001020700	Recostar	1	Recostar	276.43	1.048%	Q 12,215.42
36	6001030000	Telar de cincho	1	Telar plano müller	304.29	0.027%	Q 314.71
37	6001040000	Ratera	10	Ratera	4347.86	0.237%	Q 2,762.46
38	6001040001	Susmatex	4	Susmatex	255.00	0.006%	Q 69.94
39	6002000000	Extrusor PE 4	1	Extrusor PE 4	-	0.000%	Q -
40	6002000001	Extrusor PE 7	1	Extrusor PE 7	491.79	2.238%	Q 26,085.99
41	6002000002	Extrusor PE 6	1	Extrusor PE 6	527.14	3.322%	Q 38,721.03
42	6002000003	Extrusor PE 8	1	Extrusor PE 8	686.79	10.018%	Q 116,769.20

No.	CECO	Descripción sistema	Total máquinas	Descripción específica	Horas	% de distribución	Costo asignado factura
43	6002000004	Extrusor PE 3	1	Extrusor PE 3	-	0.000%	Q -
44	6002000100	Mamata	1	Mamata	292.50	0.375%	Q 4,370.98
45	6002000101	Cortadoras chinas	1	Cortadora	-	0.000%	Q -
46	6002000102	Hudson sharp	2	Hudson Sharp	191.79	0.154%	Q 1,795.01
47	6002030000	Impresión polietileno	1	Impresión polietileno	124.29	0.059%	Q 687.70
48	6003000000	Austrofil	1	Austrofil	-	0.000%	Q -
49	6003000001	Lohfil	1	Lohfil	398.57	2.186%	Q 25,479.88
50	6003000100	Rati	1	Rati	632.14	0.314%	Q 3,659.97
51	6003000101	Verdol	1	Entorchadora verdol	633.21	0.399%	Q 4,650.72
52	6003000201	Hacoba	1	Hacoba	10.71	0.000%	Q -
53	6004000000	Embobinado	1	Cortadora schmutz	56.79	0.012%	Q 139.87
54	6004000001	Impresión y Corte	1	Impresora-cortadora Schmutz	147.86	0.067%	Q 780.95
55	6004000003	Costura	6	Costura yute	1584.00	0.028%	Q 326.37
56	6006000001	Telar Jumbo SL82	1	Telar Jumbo SL82	357.86	0.251%	Q 2,925.64
57	6006000000	Telares Jumbo SL8	2	Telares Jumbo SL8	190.71	0.106%	Q 1,235.53
58	6006000002	Telares Jumbo SL61	1	Telares Jumbo SL61	417.86	0.161%	Q 1,876.61
59	6006000200	GEBR	2	Máquina cortadora jumbo	201.43	0.153%	Q 1,783.36
60	6006000300	Costura	27	Máquinas costura jumbo	12500.00	0.168%	Q 1,958.20
61	6007000000	Cliche	2	Cliche	48.21	0.051%	Q 594.45
62	6008000000	Chillers y Accesorios	7	Chillers y Accesorios	380.00	10.022%	Q 116,815.83
63	6008000001	Compresores y Accesorios	6	Compresores y Accesorios	430.00	5.645%	Q 65,797.78
64	6000000002	Bodega MP,PT	4	Mantenimiento Bodega MP,PT	600.00	4.481%	Q 52,230.26
65	6030050113	Taller de Mantenimiento	4	Taller de Mantenimiento	250.00	0.511%	Q 5,956.19
67	6006000100	Impresión	1	Impresora jumbo Fredavid	34.29	0.050%	Q 582.80
68	6006000600	Enfardado	1	Enfardador 4 jumbo	205.71	0.107%	Q 1,247.19
69	6001010005	Nova 6	7	Telar Nova 6	2941.07	0.652%	Q 7,599.67
70	6001010006	Nova 61	2	Telar Nova 61	848.57	0.188%	Q 2,191.32
71	6001020701	Erema	1	Peletizador Erema	176.79	0.567%	Q 6,608.92
72	6002000300	Compactado	1	Compactadora Condor	316.07	0.203%	Q 2,366.16
73	6002020201	TITAN	1	Titan	252.00	0.323%	Q 3,764.87
74	6030060009	MO colector impresión	1	Recicladora de solventes	360.00	0.252%	Q 2,937.30
75	6004000005	Selladora alta frecuencia	3	Selladora alta frecuencia	-	0.000%	Q -
76	6030050105	Bodega PT	1	Detector de metales Mettler	75.00	0.012%	Q 139.87
77	6001000006	Transporte de resina	2	Estación de transporte resina	726.43	0.699%	Q 8,147.50
78	6030060001	Iluminación	7	(Sin registro previo)	500.00	1.750%	Q 20,397.89
79	6001010204	Laminadora Nordmeccanica	1	(sin registro previo)	86.79	0.304%	Q 3,543.41
80	6001010301	Twisting	1	Chanfling (sin registro previo)	255.00	0.028%	Q 326.37
81	6006000400	Limpieza Jumbo	2	(sin registro previo)	240.00	0.042%	Q 489.55
82	6001030001	Telar Chino 1"	1	(registrado antes)	324.00	0.028%	Q 326.37
83	6001030002	Telar Chino 3"	1	(registrado antes)	124.00	0.011%	Q 128.22
84	6001030003	Telar Chino 4"	1	(registrado antes)	-	0.000%	Q -
85	6001010103	Leno 4 Lohia	6	Leno 4 Lohia	2405.36	0.211%	Q 2,459.40
						99.998%	<b>Q 1,165,570.64</b>

- Continuación Figura 17

La línea de extrusión de polipropileno número 8 cuenta con el mayor consumo del área de polipropileno. Esta línea fue estudiada debido a que es la única de extrusión de polipropileno que trabaja continuamente durante todo el mes, con lo cual se pueden obtener datos independientemente de la fecha en que se realice la visita.

Dentro de la línea se indicaron los motores más importantes al criterio del encargado de la empresa de apoyar el proyecto. A estos motores fue a los cuales se obtuvo acceso para la recolección de datos e información

Cuadro 4. Listado de motores indicados por la empresa para el estudio

Motor	Potencia kW	Ubicación
Baldor IDDRFH282004	149.14	Tornillo extrusor
WEG-Lenze W22	12.5	Serie de rodillos calientes fríos
Lenze 3-Mot EN60034	3	Primera serie de rodillos
Lenze 3-Mot E233141	0.87	Primera serie de rodillos
Luna300646	0.12	Embobinadora

No se proporcionó información sobre historial de mantenimientos ni fecha de compra de todos los motores. Solamente se indicó que el motor extrusor fue comprado en 2013.

Cuadro 5. Motores recomendados por la empresa para la realización del estudio por motivos de consumo

Motor	Potencia kW	Ubicación
Baldor IDDRFH282004	149.14	Tornillo extrusor
WEG-Lenze W22	12.5	Serie de rodillos calientes fríos
Lenze 3-Mot EN60034	3	Primera serie de rodillos
WEG-Lenze W22	12.5	Serie de rodillos calientes fríos
Lenze 3-Mot EN60034	3	Primera serie de rodillos

## A. PREVENCIÓN DE LAS FALLAS DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN MEDIANTE UNA ADECUADA SELECCIÓN

El artículo se basa en el estudio de las principales fallas que presentan los motores trifásicos de inducción que poseen potencias de 2hp a 50 hp. Como parte de la metodología se utilizó en este artículo se encuentran las visitas técnicas, entrevistas y forma de toma de datos a los equipos.

El artículo hace énfasis en los aspectos que influyen en la prevención de fallas al motor. Entre sus principales enfoques mencionados es la concientización del personal sobre la importancia del adecuando ambiente del trabajo para el motor.

Se delimito que los aspectos principales de los motores son la potencia, sus RPM su voltaje y la frecuencia. Explica la potencia del motor y los valores nominales de la placa. Se dio a conocer que los motores pueden operar en un rango de voltajes. El ambiente de operación contempla todos los aspectos del medio externo al

cual se somete el motor eléctrico y las características del diseño del motor que lo protege, los cuales pueden tener un efecto desfavorable en la máquina si el diseño no es el adecuado para soportar las condiciones adversas a su operación.

La temperatura de trabajo es la temperatura ambiente máxima a la cual el motor puede desarrollar su potencia nominal sin peligro. Según la norma NEMA MG 1-2007 “El valor de la temperatura ambiente máxima será de 40°C a menos que se especifique otra cosa.

Un deterioro prematuro del aislamiento puede contribuir en las zonas de concentración de esfuerzos, a la formación de un cortocircuito entre las espigas del estator, lo cual es una de las principales fallas en los motores de inducción. Un aumento en las temperaturas causa una baja en la potencia del motor y un aumento en el costo de operación.

La clase de aislante indica la clase de materiales de aislamiento utilizados en el devanado del estator. Cada uno de estos tipos de aislante tiene diferentes máximos de temperatura. (Ver Figura 8). La regla gruesa de “Montsinger” indica que por cada 10°C de aumento sobre la temperatura máxima a la cual opera el motor se tiene una caída del 50% de efectividad del aislamiento. Por último el artículo proporciona las reglas gruesas para el cálculo de temperatura en el devanado. (Castro, 2010)

## B. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y SU UTILIZACIÓN COMO TÉCNICA PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Este trabajo presenta la terminología de termograma, termografía, las ventajas y desventajas de este tipo de análisis y como se puede analizar una imagen termográfica para el control predictivo dentro de la industrial. Según la norma ASTM E316 se define un termograma como una imagen que indica la temperatura real de un objeto o ambiente en un patrón correspondiente a contraste o color.

Menciona entre las ventajas la facilidad y corto tiempo de análisis del método. Es un método que localiza de forma muy efectiva los puntos calientes que usualmente indican un daño en el fusil interno, malas conexiones corrosión en conectores, gallas en los interruptores o cables sueltos.

El trabajo indica el impacto positivo del estudio termográfico, el cual consiste en alargamiento de la vida útil de los equipos y ahorro en gastos innecesarios. Como desventaja se presenta el alto costo de inversión inicial para adquirir la cámara termográfica.

Se plantea el primer tipo de inspección termográfica posible; el cualitativo. Este consiste en evaluar visualmente las temperaturas mostradas en las imágenes termográficas, para evaluar la presencia de variaciones significativas. La segunda inspección que se describe es la cuantitativa, la cual consisten en la toma de datos de los puntos calientes para su posterior análisis.

El trabajo menciona la importancia de criterios para el análisis cuantitativo. Estos criterios varían entre normativas y autores. En algunos casos el mismo lugar de trabajo debe proponer una escala de fallos e importancia en el cambio de temperatura.

Figura 18. Formato de clasificación de severidad de fallos

Delta Temperatura	Clase	Recomendación
$\Delta T > 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$	<b>A</b>	Una anomalía muy grave que requiere atención inmediata.
$50 \text{ }^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$	<b>B</b>	Una anomalía seria que necesita reparación en menos de 60 días.
$5 \text{ }^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$	<b>C</b>	Una anomalía que requiere monitoreo periódicamente, pero que se reparará cuando sea conveniente
$\Delta T \leq 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	<b>D</b>	Condición aceptable

(Duarte, 2011)

Como principales fuentes bibliográficas de criterios de análisis cuantitativo, recomienda el InterNational Electrical Testing Association (NETA) y Electric Equipment Maintenance- NFPA 70B. Ambas presentan valores similares. (Ver Cuadro 1 y Cuadro 2). Junto con esto se menciona la forma correcta de presentación de reportes termográficos en la industria.

## C. PERFIL ENERGÉTICO DE GUATEMALA: BASES PARA EL ENTENDIMIENTO DEL ESTADO ACTUAL Y TENDENCIAS DE LA ENERGÍA

El artículo explica el suministro de energía en Guatemala, el consumo de energía por tipo de combustible, como se encuentra distribuida la demanda en el sector y la forma en que se encuentra compuesta la matriz energética de Guatemala. Este artículo es de importancia para entender como varía la estacionalidad de los precios del mercado energético guatemalteco y la importancia del sistema nacional interconectado.

## D. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE LA ELECTRICIDAD

El reglamento explica las atribuciones de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Administrador del Mercado Mayorista y del Ministerio de Energía y Minas. Define a los participantes en la compra y venta de energía y sus atribuciones.

## E. NATIONAL ELECTRICAL CODE HANDBOOK

El código especifica las temperaturas adecuadas para los cables utilizados y como se debe leer adecuadamente los valores dependiendo del valor de voltaje que se posea.

## F. MOTORES ELECTRICOS GUÍA DE ESPECIFICACIÓN

Esta guía proporcionó datos importantes de la operatoria para obtener las potencias de los motores. Se centro en el uso de los motores electricos y sus partes. Además en esta guía se obtuvo datos de excepciones a las reglas gruesas presentadas anteriormente.

## G. INVESTIGACIONES

Dentro de la empresa no se han realizado campañas, capacitación o información impresa sobre el tema de concientización en el uso del recurso energético. El registro de capacitaciones indica que, las temáticas que se abordan año con año son: seguridad industrial y valores de la empresa.

Sin embargo, existe una investigación con la que se realizó un artículo titulada “La capacitación a través de algunas teorías de aprendizaje y su influencia en la gestión de la empresa”. En este artículo se analiza el concepto de capacitación desde la perspectiva de algunas teorías de aprendizaje con el propósito de aclarar la influencia que puede tener el entrenamiento de los trabajadores en el mejoramiento de sus competencias laborales y en el desempeño global de la organización. Se da una mirada a las condiciones de contexto organizacional y cultural para que las personas liberen su potencial y asuman la administración de los puestos de trabajo. Se establece que es necesaria la transformación organizacional para que las empresas generen las condiciones favorables a la autonomía y el aprendizaje continuo. Se indica que el enfoque actual de la capacitación se caracteriza por el desarrollo de competencias y, al final, se concluye cómo debe orientarse la capacitación desde los modelos de gestión centrados en las personas, de modo que los trabajadores mejoren su desempeño en el puesto de trabajo (Revista Virtual Universidad Católica Norte, 2011). La empresa no cuenta con una política energética, si están trabajando en ella, pero no se encuentra disponible aún.

## H. CONTEXTO

La empresa productora de sacos industriales, está ubicada en San Pedro Las Lagunas, Antigua Guatemala, Guatemala. Es una empresa guatemalteca, fundada en 1986 que se dedica a fabricar y comercializar productos de calidad mundial para envase, empaque y otras soluciones plásticas, tanto para la industria como para la agricultura, con la finalidad de conservar los productos e imagen de los clientes. Actualmente cuenta con una capacidad instalada de más de 200 millones de sacos de polipropileno al año, siendo la empresa más grande de Centro América y El Caribe en la fabricación de sacos de polipropileno. La búsqueda constante de la mejora de los procesos, consiste en el uso de materias primas de alta calidad, así como brindar un buen servicio al cliente, ha permitido que la empresa sea líder en su ramo en la región, comercializando los productos a más de 10 países en los mercados de Norte y Centroamérica, así como El Caribe.

La empresa tiene alrededor de 700 empleados en dos instalaciones, una en Antigua Guatemala y otra en el Periférico de la ciudad. No era suficiente una capacitadora para cubrir a todos los colaboradores, en un tiempo de dos semanas. Por lo que únicamente se trabajó con una muestra (n=40), elegida por el departamento de recursos humanos, de una sola área de la planta.

Adicionalmente, se realizaron dos investigaciones como parte del megaproyecto; la primera se encargó de elaborar un modelo de evaluación económica para mejoras en una línea de producción de rafia, y la segunda, propuso una guía para analizar potencia de los motores principales y sus conexiones eléctrica en una línea de producción de rafia.



## VI. METODOLOGÍA

### A. MÓDULO 1: GUÍA DE ANÁLISIS DE MOTORES ELÉCTRICOS Y SUS CONEXIONES ELÉCTRICAS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE RAFIA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE SACOS INDUSTRIALES

- La metodología utilizada se basa en las normas de International Electrotechnical Commission del National Electrical Code y de International Electrical Testing Association.

#### 1. Equipo de trabajo

- Multímetro. Fluke 374 FC, resolución de 0.1 V, mide hasta 1000V. Resolución de 0.1 A mide hasta 600.0 A
- Termómetro láser. Etekcity Lasergríp 80, termómetro láser digital infrarrojo sin contacto (-50°C a 750°C)
- Cámara termo gráfica. TiS65 con rango de -20°C a 550°C y exactitud de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$

#### 2. Selección del área de estudio

- a. Para seleccionar el área de estudio primer se debe realizar un estudio preliminar que consiste en analizar las distintas áreas de producción de la empresa para identificar la línea de mayor consumo.
- b. Durante los meses del año 2018 se realizaron varias visitas a la planta para medir el voltaje y amperaje de las máquinas en las diversas áreas de producción. Se analizó el área de extrusión de polietileno, polipropileno, costura de sacos, impresión e hilo.
- c. El tiempo de operación de los equipos se obtuvo por medio de los contadores presentes en las máquinas. El dato fue proporcionado por la empresa en horas de operación al mes.
- d. Con los datos de corriente, tensión y tiempo de operación se calculó la energía suministrada a los equipos al mes. Con esta información se seleccionó el equipo con uno de los mayores porcentajes de consumos de energía al mes. La línea seleccionada fue el Starex 8 , esta máquina que se encarga de la extrusión de polipropileno y la fabricación de hilo rafia.

#### 3. Análisis consumo eléctrico de motores

- a. Después de seleccionar la línea en la cual se lleva a cabo el estudio se realizó un esquema de la línea de producción, para poder delimitar el área de estudio dentro de la línea de producción. En este

esquemas se localizaron los motores a estudiar y se identificaron según el número que se utilizó a lo largo de este trabajo.

- b. Se enlistaron los motores principales de la línea, tomando como aspecto delimitador la potencia nominal de los motores. Se procuró que los motores seleccionados representaran el 80% de consumo de la línea de producción.
- c. Se verificó si la corriente suministrada a los motores era monofásica, trifásica, alterna o directa. Se obtuvo el factor de potencia de la energía suministrada a la plata de producción de sacos y se seleccionó la ecuación para el calculo de potencia.
- d. Se realizaron mediciones de voltaje en la línea de trabajo, por medio de el multímetro. La medición se realizó al poner en paralelo el multímetro en relación al diferencial de voltaje a medir. Se realizó la medición repetidas veces, al corresponder los valores obtenidos a los valores de la voltaje de las líneas eléctricas se utilizó el valor de voltaje de la línea para los cálculos posteriores.
- e. Se midió la corriente de los motores al utilizar el multímetro. Para esto se colocó la pinza del multímetro alrededor del cable de los cables de motor. Fue importante realizar la medición de las fases una a una, para obtener una medición correcta. En la medición de corriente se observó fluctuaciones en los valores durante el tiempo en que se llevo a cabo la toma de datos. Para los cálculos se utilizaron los valores más altos para asegurar que no se subestime el consumo de los motores.
- f. Se calculo la potencia suministrada a cada uno de los motores con la ecuación de potencia correspondiente. Para esto se tomó como corriente suministrada para el cálculo el promedio de la corriente obtenida en las tres fases.
- g. Se registraron los datos de placa de los motores, para obtener información importante sobre sus eficiencias, tipo de aislantes y condiciones de operación.
- h. Por medio de los valores de merma que se tienen se realizó un balance de masa. El balance de energía se realizó para cada motor. En él se incluyó la potencia suministrada, la eficiencia de placa, la energía suministrada y la perdida de energía que se tiene.
- i. Por medio de la potencia a la cual opera los motores para mantener en funcionamiento la línea de producción, se estableció un rango de potencia registrada de los motores estudiados. La relación de potencias se calculó al dividir la potencia a la cual opera el motor en la potencia eléctrica suministrada. Con esta información se procedió a sugerir medidas para mitigar el costo del consumo eléctrico. Además, como último criterio para determinar si es necesario un cambio de motores se observó si existe una diferencia de relación de potencias con la eficiencias en el mismo tipo de motor, pero de un modelo más reciente.
- j. Se realizó una análisis estadístico de los resultados obtenidos. El análisis consistió en un promedio de las potencias calculadas, su desviación estándar muestral, un intervalo de confianza al 95% por medio de la t-student, y un porcentaje de error. Además, se calculó la incertidumbre de los resultados, utilizando las fórmulas de incertidumbre por multiplicación y adición.

#### 4. Análisis termográfico y térmico

- a. Se determinó la temperatura a la cual operan los motores seleccionados por medio de una cámara termo gráfica y un termómetro laser. Al utilizar la cámara termo gráfica es necesario ingresar el valor de temperatura ambiente y humedad del aire, además se debe especificar si la superficie a estudiar requiere una corrección de emisividad. En el estudio no fue necesaria esta corrección debido a que todas las superficies se encontraban pintadas. Si se utilizó la cámara termo gráfica, la imagen se descargó, si se utilizó el termómetro láser solamente se registró el valor obtenido.
- b. Se debe corroborar que la temperatura ambiente no supere los 40°C y que la altura a la cual se instale los motores no sea superior a los 1000 msnm, para asegurar que el motor puede suministrar la potencia útil de la menos su potencia nominal. La Figura 10. Factor de multiplicación de potencia útil nos indica un factor de corrección de potencia útil de los motores en función de la altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiente.
- c. Se leyeron los datos de placa de los motores para conocer el tipo de aislante que posee cada uno de ellos. Se obtuvo el valor de  $\Delta T$  del tipo de aislante presente en los motores por medio de los valores de los estándares de o por los valores de los proveedores, tal como lo indica la Figura 8. Clases térmicas para los materiales y sistemas de aislantes y la Figura 9. Valores numéricos y la composición de la temperatura admisible del punto más caliente
- d. Se calculó la temperatura máxima a la cual puede operar el motor sin estar sufriendo pérdidas de energía en forma de calor que se encuentren fuera de especificación. Esto se logró al sumar el  $\Delta T$  a la temperatura ambiente.
- e. Se calculó la temperatura del devanado del motor, por medio de la regla gruesa descrita en Temperaturas de motores página 20, en la cual se indica que la temperatura a la cual se encuentra el devanador es de 15 °C a 20 °C superior a la temperatura superficial de la carcasa, a menos que el proveedor del motor indique otro valor. Después se verificó que el valor de temperatura del devanador no superara el máximo de temperatura admisible calculado para corroborar que el motor se encontraba bajo parámetros normales de operación.
- f. Como aspecto estadístico se calculó la incertidumbre del valor obtenido, para asegurar que este se encontrara dentro de los parámetro aceptables
- g. Se realizó un análisis térmico de las instalaciones eléctricas relacionadas a los motores estudiados, esto se enfocó principalmente en los breakers de los motores. El análisis térmico fue realizado al utilizar una cámara termo gráfica y un termómetro láser.
- h. Con los valores de temperatura obtenidos por la cámara termo gráfica y el termómetro laser. Se seleccionó la temperatura más alta entre las tres fases y la mas baja de las tres fases. Se calculó la diferencia entre ellas y utilizó el criterio de diferencia de temperaturas descrito en Cuadro 1. Diferencias de temperaturas de análisis termo gráfico por la norma International Electrical Testing Association. En la cual se establecen las diferencias de temperaturas en sistemas bajo condiciones

similares y la interpretación recomendada. En el estudio se tomó como criterio una diferencia de temperatura de 3°C o menos como un valor aceptable y entre 4-15°C una deficiencia leve y si supera los 15°C es una deficiencia mayor.

- i. Se obtuvo el tipo de cable de la conexión eléctrica. Y para el estudio se utilizó la corriente registrada previamente a los motores. La temperatura máxima adecuada para cada tipo cable se obtuvo de los valores de la norma de National Electrical Code, como se muestra en el Cuadro 57. Temperatura permitida de cables según National Electrical Code. Y en Sistema de clasificación de temperatura en la página 24. Según la normas se debe tener hasta 60°C en cables de diámetro de 7.384mm (AWG 1) y hasta 75°C para diámetros (AWG) mayores. Con este criterio se evaluó si la conexión se encontraba bajo especificación. Y se definió si era necesario realizar medidas correctivas.
- j. Como análisis estadístico se calculó la desviación estándar muestral de las temperaturas de las conexiones eléctricas.

## **B. MÓDULO 2: PROPUESTA Y EJECUCIÓN DE UN PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA CONCIENTIZAR SOBRE EL USO EFICIENTE DE ENERGÍA AL PERSONAL DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE SACOS INDUSTRIALES**

### **1. Enfoque y tipo de investigación**

- a. Se utilizó, como parte del proceso, la investigación cualitativa, ya que se pretendía obtener resultados expresados en palabras y no en números
- b. Se utilizó un enfoque de estudio de casos, que implica un proceso de indagación que se caracteriza por el examen detallado comprensivo, sistemático y profundo de un caso u objetivo de interés. Con la finalidad de investigar las necesidades, roles, desempeños, procedimientos y sistemas que se tienen dentro de la empresa y proponer posibles mejoras o nuevas implementaciones a realizar.

### **2. Descripción de la muestra**

- a. Universo: alrededor de 700 colaboradores.
- b. Muestra propuesta: mínimo 50 colaboradores. Selección de la muestra: para obtener una significancia del 99.9%, la muestra requiere tomar como mínimo 50 colaboradores, tomando en cuenta todos los departamentos de la empresa.
- c. Unidades de análisis: todos los colaboradores que trabajan en la empresa.

### 3. Supuesto de investigación

Diseñar un programa de capacitación que concientice al personal obrero, sobre el uso eficiente de la energía tanto en la empresa como en sus hogares.

### 4. Variables

#### a. Conocimiento sobre energía

Consiste en considerar la energía como una especie de fluido o sustancia material; señalar que la energía se puede gastar; definir la energía como una fuerza; referir que la energía es una forma de trabajo; atribuir la energía potencial al cuerpo, como propiedad de él, desconociendo o no considerando la necesaria interacción entre cuerpos; considerar al calor como una forma de energía; asociar la energía con el movimiento y la situación. Para efectos de la investigación se entiende que es el conocimiento que tenga el colaborador en la amplitud del tema de energía, (energía eléctrica, tipos de energía, energías renovables y energías no renovables).

#### b. Uso eficiente de la energía en el trabajo

Es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad (Agencia Chilena de Eficiencia Energética ACHEE, 2011). Para efectos de la investigación se define como el uso adecuado de la energía sin alterar la calidad de producción o desarrollo de la empresa.

#### c. Concientización de una población

La concientización, según Freire (1974), es un proceso de acción cultural a través del cual las mujeres y los hombres despiertan a la realidad de su situación sociocultural, avanzan más allá de las limitaciones y alienaciones a las que están sometidos, y se afirman a sí mismos como sujetos conscientes y co-creadores de su futuro histórico. Para efectos de la investigación es tomar conciencia de una situación determinada, mostrando por medio del diálogo y la reflexión de las consecuencias que tienen sus actos.

## 5. Técnicas y estrategias

Para obtener información sobre el actual consumo de la energía eléctrica de la empresa por parte de sus empleados, se utilizaron los siguientes instrumentos de recaudación de datos:

- a. Entrevista: Se realizó una entrevista a la encargada de capacitación de la empresa con el fin de obtener información sobre las principales necesidades de capacitación sobre el tema “uso eficiente de la energía eléctrica”
- b. Cuestionario: Con esta herramienta se recogió información estructurada sobre una muestra de personas para describir la población a la que pertenecen o contrastar estadísticamente algunas relaciones entre variables de su interés.
- c. Observación: La observación fue necesaria dentro del proceso de investigación, debido a que mediante ésta se identificaron conductas de los colaboradores, rendimiento respecto a sus responsabilidades, fortalezas y debilidades que fue de apoyo para dar inicio a las planificaciones de la concientización que se dará por medio de capacitaciones.

## 6. Instrumentos

La recolección de datos se realizó utilizando los siguientes instrumentos:

### a. Instrumento 1 – investigador – diario de campo

- Objetivo: identificar los comportamientos de los colaboradores dentro de la planta en sus puestos de trabajo, con relación al uso de energía.
- Descripción: el diario se realizó en un formato impreso, elaborado en Word, formado por dos columnas y seis filas, y utilizando una tabla Shannon como soporte. El diario cuenta con el logo de la universidad, indica instrucciones y el objetivo de su uso. Además, tiene un encabezado con fecha, hora, lugar, momento observado y un área para anotar observaciones (ver página 138)
- Procedimiento: se realizaron cuatro observaciones para las cuales se llenó un formato del diario de campo por cada una. Las observaciones se realizaron en diferentes momentos del día y departamentos.

### b. Instrumento 2 – encargada de capacitación – entrevista

- Objetivo: conocer de manera detallada los procesos de capacitación internos, así como programas de concientización que utilizan en la empresa con el tema del uso eficiente de la energía eléctrica.

- Descripción: la entrevista contenía previamente un consentimiento informado en donde se le explicó a la encargada de capacitación, que toda la información proporcionada sería utilizada únicamente para fines de investigación y de carácter confidencial. La entrevista contenía cinco preguntas abiertas, las cuales a lo largo de la entrevista se fueron ampliando o surgiendo nuevas. Las preguntas se enfocaron en los procedimientos de capacitación, programas establecidos sobre los mismos y temas de concientización con los colaboradores de la empresa (ver página 139)
- Procedimiento de aplicación: la entrevista se realizó por la mañana en la oficina de la encargada de capacitación a puerta cerrada. Antes de iniciar la entrevista se explicó el objetivo de la investigación y los beneficios que podría tener la empresa. Se leyó el consentimiento informado, en donde se solicitaba su autorización para utilizar los datos que se obtuviera para fines del proyecto.

#### c. Instrumento 3 – jefe de planta – Entrevista

- Objetivo: recolectar información relacionada al uso eficiente de la energía eléctrica dentro de la planta y conocimiento de los colaboradores sobre el tema.
- Descripción: la entrevista contenía previamente un consentimiento informado en donde se le explicó al jefe de planta, que toda la información proporcionada sería utilizada únicamente para fines de investigación y de carácter confidencial. La entrevista contenía cinco preguntas abiertas, las cuales a lo largo de la entrevista se fueron ampliando o surgiendo nuevas. Las preguntas se enfocaron en el uso eficiente de energía dentro de la planta, uso de la energía y conocimiento del tema por parte de los colaboradores. (ver página 140)
- Procedimiento: se agendó una cita con el jefe de planta, en la que primero se realizó una visita en la planta que fue guiada por él para conocer los puntos de uso de energía eléctrica y la manera en que sus colaboradores hacían uso de los mismos. Posteriormente nos dirigimos a la sala de reuniones donde durante 30 minutos contestó a las preguntas de la entrevista y expresó sus comentarios sobre sus observaciones y las necesidades de los colaboradores.

#### d. Instrumento 4 – colaborador – cuestionario

- Objetivo: recolectar información sobre conocimiento, saberes o información que el colaborador conozca sobre el uso eficiente de la energía eléctrica.
- Descripción: el cuestionario cuenta con el logo de la universidad, describe el objetivo de su aplicación, el tiempo que se tomará el colaborador en llenarlo y refiere que este es confidencial. Este contiene tres secciones; dos secciones de preguntas, con opción de respuesta: sí/no, y una sección con opción de respuesta múltiple, que permitieron al colaborador expresar su conocimiento libremente, las primeras tres preguntas hacían referencia al conocimiento sobre energía, las siguientes seis correspondían al uso que hacen de este recurso dentro de la empresa y, por último,

cuatro preguntas al uso del recurso en sus hogares, así como electrodomésticos que poseen (ver página 141)

- Procedimiento de aplicación: debido al número de colaboradores y que no podrían detener sus labores, el cuestionario se pasó a un grupo (muestra) de cuarenta personas durante los tiempos de receso o antes de ingresar a la planta

e. Instrumento 5 – colaboradores – capacitación

- Objetivo: concientizar a los colaboradores en el uso eficiente de la energía para que mejoren sus prácticas actuales dentro de sus puestos de trabajo y en sus hogares.
- Descripción: para realizar la capacitación se hizo una planificación que pudiera cubrir dos temáticas importantes; conceptos básicos de energía, tipos de energía, energía renovable y no renovable, y estudio de casos según la concientización del uso eficiente de la energía. La planificación completa está en la pág 154.

- Procedimiento de aplicación:

Grupos de trabajo:

- a.El grupo se dividirá en grupos de 5 personas al azar.
- b.Se hace entrega del material que utilizará
- c.Se dan las instrucciones generales y reglas durante la capacitación.

Espacio y mobiliario:

- a.Iluminado y amplio
- b.Cuatro mesas, una por cada grupo de 5 personas.
- c.No menos de 5 sillas por mesa.
- d.Pizarrón, marcadores, lapiceros, hojas, papelógrafos, tijeras y goma.

Centros de aprendizaje:

Centro 1: introducción al tema de la energía.

Centro 2: tipos de energías, clasificación de los tipos de energía.

Centro 3: artículo sobre concientización en el uso eficiente de la energía, comprensión y posible resultado.

Centro 4: estudio de casos al rededor del mundo sobre el uso de energía, pros/contras.

Capacitador:

Departamento de Recursos Humanos

Horario: Preferente en la mañana.

Transmisión de la información:

Desarrollo de habilidades: Atención, seguimiento de instrucciones, memoria a largo plazo, memoria de trabajo.

Desarrollo de aptitudes: redacción de oraciones, análisis, clasificación y organización de información.

Desarrollo de conceptos: energía, energía eléctrica, tipos de energía, energías renovables, energías no renovables y consciencia en el uso de la energía.

## 7. Análisis de datos

- a. Evaluación diagnóstica – cuestionario: se requirió realizar una evaluación diagnóstica por medio de un cuestionario con el que se indagó las ideas de los colaboradores sobre el tema de energía y su uso consciente.
- b. Evaluación post capacitación – cuestionario: posterior a la capacitación, se evaluaron los resultados de la intervención por medio de un cuestionario donde se midió la identificación de las ideas básicas sobre los conceptos de energía y su uso consciente.
- c. Análisis de datos: se tabularon los resultados para obtener la tendencia de las respuestas correctas e incorrectas y su porcentaje, también se realizaron gráficas para poder tener los resultados de una manera visual y comparativa de la evaluación diagnóstica versus evaluación post capacitación.

## 8. Plan de intervención

- a. Diagnóstico: identificación de ideas que los colaboradores tengan en el tema de energía y su uso consciente, por medio de las evaluaciones.
- b. Planificación: De acuerdo con los hallazgos encontrados, realizar dos planes según el nivel de escolaridad:
  - 1) Módulo intermedio: planificado para colaboradores que tengan un nivel de escolaridad de primero primaria a primero básico.
  - 2) Módulo avanzado: planificado para colaboradores que tengan un nivel de escolaridad de segundo básico en adelante.
- c. Estrategias: desarrollar ideas de herramientas que puedan minimizar las deficiencias y fortalecer las ideas básicas de conceptos en el tema de energía y su uso consciente.
- d. Plan de monitoreo y evaluación: esta parte nos sirve para verificar si las estrategias son las correctas, si tienen funcionalidad y que la implementación tenga los resultados esperados que son la identificación de ideas básicas sobre el tema de energía y su uso consciente.

## 9. Manual de intervención

Para realizar un manual de intervención se deben tomar en cuenta los siguientes contenidos:

1. Introducción
  - a. Finalidad de la capacitación
  - b. Justificación
2. Objetivos y resumen
  - a. Objetivo general y específicos
  - b. Duración
  - c. Resumen del contenido
3. Estrategias
  - a. Estrategias de intervención
  - b. Estrategias de aplicación
  - c. Estrategias de aprendizaje
  - d. Estrategias de evaluación
4. Métodos y recursos didácticos
  - a. Métodos de aprendizaje
  - b. Recursos didácticos
5. Evaluación de desempeño
6. Seguimiento y evaluación

## 10. Validación

Como parte del proceso de validación se contó con el apoyo de una experta, licenciada Claudia Castañeda, catedrática del Departamento de Psicología de la Universidad. Se validó la redacción, planificación, proceso y ejecución del manual de capacitación que se entregó en el departamento de recursos humanos de la empresa donde se ejecutó la capacitación.

## 11. Alcances

Se comprendió la situación actual sobre el uso consciente de la energía por parte de los colaboradores de la empresa.

Se sistematizaron los pasos adecuados para tener un uso consciente de la energía.

Se propuso una capacitación para los colaboradores, con relación a la concientización en el uso de energía.

## 12. Limitaciones

El tiempo con el que los colaboradores contaban para realizar las encuestas era limitado y alguno las llenaron con mucha presión.

Las observaciones no se pudieron hacer por largos periodos de tiempo, pues las áreas, en algunos casos, son restringidas por temas de seguridad y equipo que se debe utilizar.

El grupo capacitado fue de cuarenta personas de trescientos noventa y ocho empleados, por lo que se considera que la muestra fue muy limitada en tamaño.

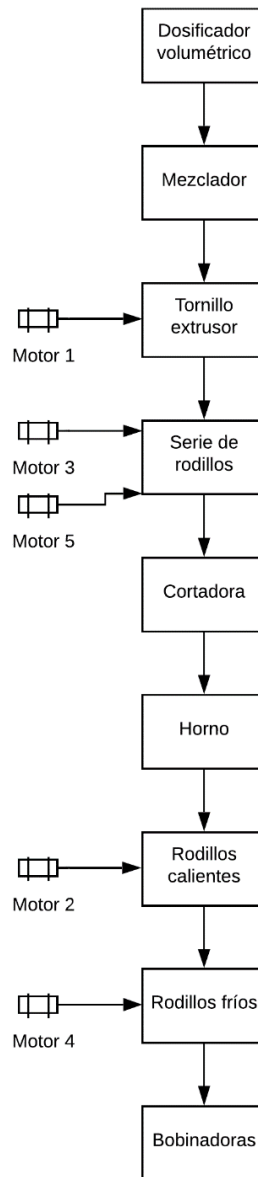


## VII. RESULTADOS

### A. MÓDULO 1:

Guía de análisis de motores eléctricos y sus conexiones eléctricas en anexos, página 128.

Figura 19. Esquema de la línea de producción con localización de motores estudiados



- El diagrama indica la ubicación de los motores en la línea de producción.
- La numeración de los motores es según fueron seleccionados para el estudio.

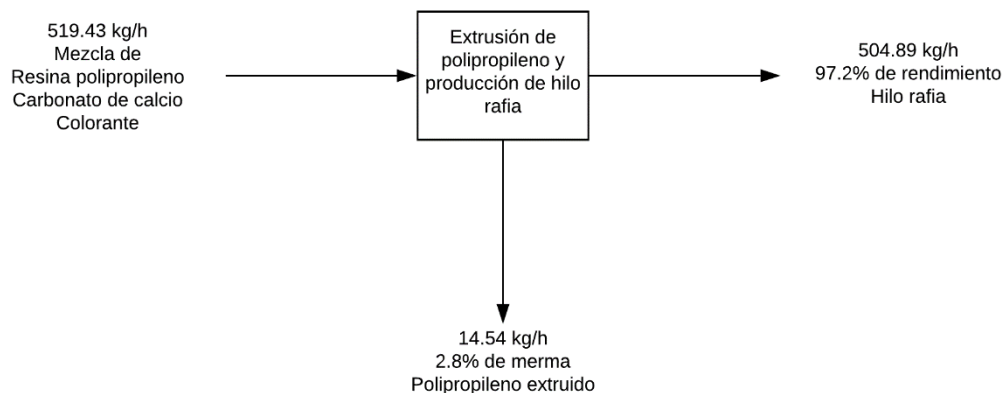
- La potencia nominal de los motores es mayor al 80% del total de la potencia nominal los motores de la línea
- El sistema se delimitó por las indicaciones de la empresa. Las áreas donde se permitió realizar el estudio fueron tornillo extrusor, serie de rodillos, rodillos calientes, rodillos fríos y bobinas, debido a medidas de seguridad y conveniencia de la empresa
- Los diferentes tipos de motores presentes en las áreas en donde se delimitó el estudio se encuentran en antecedentes en el Cuadro 4. Listado de motores indicados por la empresa para el estudio
- Tabla selectiva de motores en Cuadro 5. Motores recomendados por la empresa para la realización del estudio por motivos de consumo

Cuadro 6. Listado de motores principales según consumo eléctrico y datos de placa correspondientes

No.	Motor	RPM	Amperaje A	Voltaje V	Frecuencia Hz	Potencia kW	Eficiencia
1	Baldor IDDRFH282004	1760	237	460	60	149.14	0.925
2	WEG-Lenze W22	1165	22	440	60	12.5	0.892
3	Lenze 3-Mot EN60034	1755	10.6	265	60	3	0.875
4	WEG-Lenze W22	1165	22	440	60	12.5	0.892
5	Lenze 3-Mot EN60034	1755	10.6	265	60	3	0.875

- La numeración de los motores se utilizó para identificarlos en el trabajo
- El motor WEG W22 se encuentra bajo dos marcas, debido a que la línea de motor W22 es perteneciente a la marca WEG, pero los sistemas de reducción son Lenze.
- Imágenes de placa en anexos página 118
- RPM... revoluciones por minuto

Figura 20. Balance de masa en el proceso de producción de hilo rafia



- Se tiene una merma de material del 2.8%, dato proporcionado por la empresa.
- El dato de producción de hilo rafia fue proporcionado por la empresa.
- Las pérdidas se deben a formación de polvo, el cual es removido por un sistema de succión de aire
- Cálculo del balance en Cálculo 1

Cuadro 7. Potencias suministradas a los motores

Motor	Potencia suministrada	Incertidumbre	Desviación estándar	Potencia nominal
1	151.09	0.02	0.685	149.14
2	13.14	0.02	0.239	12.5
3	3.46	0.01	0.025	3
4	13.28	0.02	0.209	12.5
5	3.47	0.01	0.034	3

- Las potencias suministradas presentadas son los promedios de los datos de los Cuadro 46, Cuadro 47, Cuadro 48, Cuadro 49 y Cuadro 50 en la página 115.
- Se identificó cada motor según el número que se indica en el Cuadro 6.
- La potencia nominal y suministrada en kW
- Ver Cálculo 3, Cálculo 4, Cálculo 5, Cálculo 14 y Cálculo 19

Cuadro 8. Rango de potencias en motores estudiados

Motor	Potencia mínima registrada kW	Potencia máxima registrada kW	Rango kW	Intervalo de confianza al 95%
1	150.23	151.87	1.64	0.85
2	12.74	13.32	0.58	0.30
3	3.45	3.51	0.06	0.03
4	13.02	13.56	0.54	0.26
5	3.41	3.49	0.08	0.04

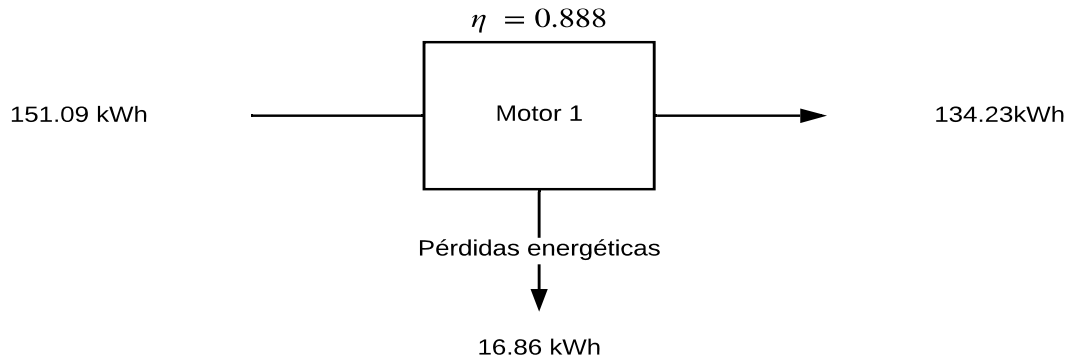
- El rango presentado es la diferencia entre la potencia máxima y mínima registrada.
- Ver Cálculo 7, Cálculo 15,
- Datos de potencias en los Cuadro 46, Cuadro 47, Cuadro 48, Cuadro 49 y Cuadro 50 en la página 115.

Cuadro 9. Relación de potencia nominal de los motores con respecto a la potencia eléctrica suministrada al motor

Motor	Relación de potencias	%E
1	0.888	3.96%
2	0.856	4.05%
3	0.780	10.85%
4	0.847	5.03%
5	0.778	11.03%

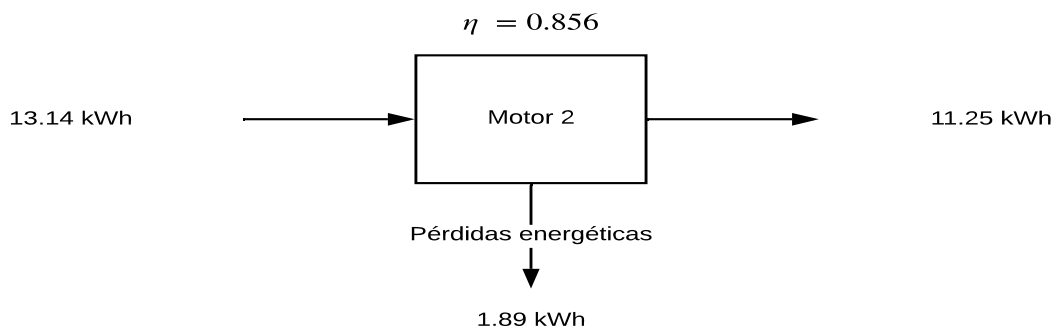
- Como valor teórico para el cálculo de error se utilizó la eficiencia nominal del motor.
- Potencia nominal, es la potencia de placa. El valor utilizado tiene un “performance” de 90%
- Para el cálculo de relación de potencias se utilizó el valor de potencia a la cual operan los motores de la línea del StarEx, este valor fue proporcionado por la empresa
- Ver Cálculo 6, Cálculo 13 y Cuadro 29

Figura 21. Balance de energía motor 1



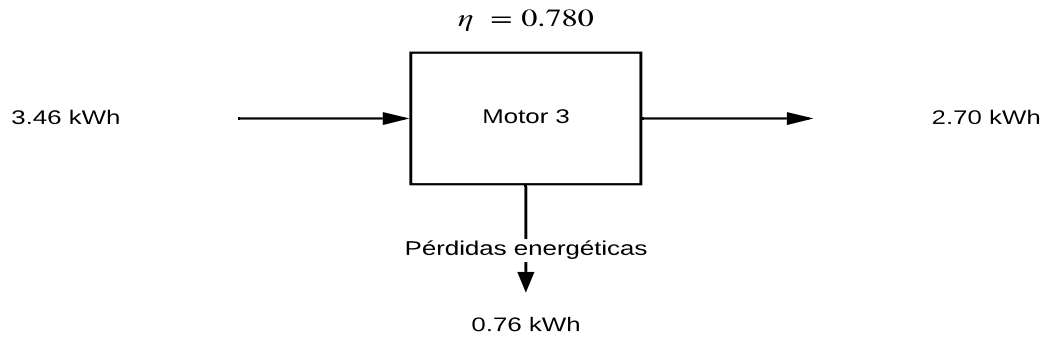
- El balance de energía fue calculado según 1 hora de operación.
- Se midió la energía consumida por el motor.
- La energía entregada por el motor es un dato teórico y los demás datos son calculados a partir de los datos mostrados
- La energía se pierde en forma de calor, energía cinética y mecánica. Esto se debe a que no todos los motores se encuentran alineados al 100% y a fricción dentro de las piezas móviles del eje y del motor.
- Cálculo del balance de energía en Cálculo 2
- Datos experimentales en Cuadro 46 en página 115

Figura 22. Balance de energía motor 2



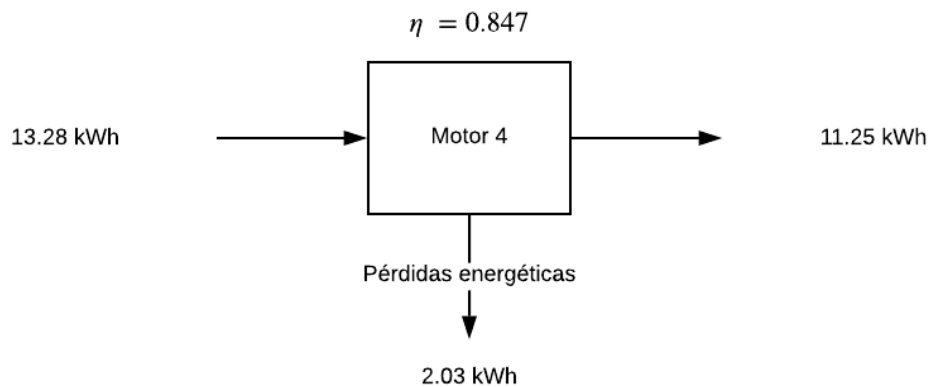
- El balance de energía fue calculado según 1 hora de operación.
- Se midió la energía consumida por el motor.
- La energía entregada por el motor es un dato teórico y los demás datos son calculados a partir de los datos mostrados
- La energía se pierde en forma de calor, energía cinética y mecánica. Esto se debe a que no todos los motores se encuentran alineados al 100% y a fricción dentro de las piezas móviles del eje y del motor.
- Cálculo del balance de energía en Cálculo 2
- Datos experimentales en Cuadro 47 página 115

Figura 23. Balance de energía motor 3



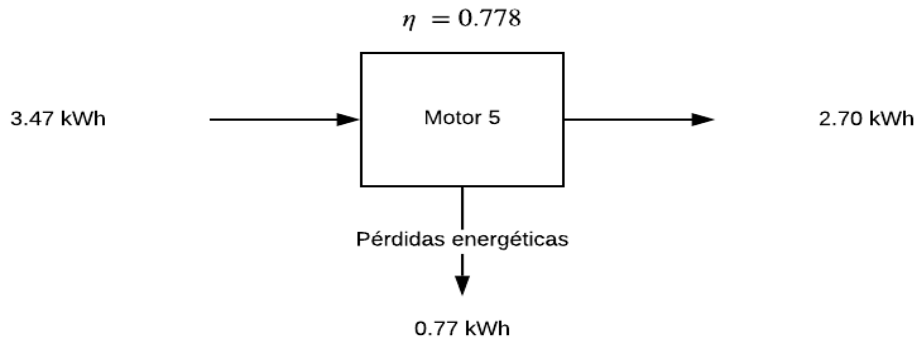
- El balance de energía fue calculado según 1 hora de operación.
- Se midió la energía consumida por el motor.
- La energía entregada por el motor es un dato teórico y los demás datos son calculados a partir de los datos mostrados
- La energía se pierde en forma de calor, energía cinética y mecánica. Esto se debe a que no todos los motores se encuentran alineados al 100% y a fricción dentro de las piezas móviles del eje y del motor.
- Cálculo del balance de energía en Cálculo 2
- Datos experimentales en Cuadro 48 página 115

Figura 24. Balance de energía motor 4



- El balance de energía fue calculado según 1 hora de operación.
- Se midió la energía consumida por el motor.
- La energía entregada por el motor es un dato teórico y los demás datos son calculados a partir de los datos mostrados
- La energía se pierde en forma de calor, energía cinética y mecánica. Esto se debe a que no todos los motores se encuentran alineados al 100% y a fricción dentro de las piezas móviles del eje y del motor.
- Cálculo del balance de energía en Cálculo 2
- Datos experimentales en Cuadro 49 página 116

Figura 25. Balance de energía motor 5



- El balance de energía fue calculado según 1 hora de operación.
- Se midió la energía consumida por el motor.
- La energía entregada por el motor es un dato teórico y los demás datos son calculados a partir de los datos mostrados
- La energía se pierde en forma de calor, energía cinética y mecánica. Esto se debe a que no todos los motores se encuentran alineados al 100% y a fricción dentro de las piezas móviles del eje y del motor.
- Cálculo del balance de energía en Cálculo 2
- Datos experimentales en Cuadro 50 página 116

Cuadro 10. Sugerencias de acciones para la reducción del consumo eléctrico

Número	Sugerencia de acción del reducción de consumo eléctrico
1	Concientización anual del uso consiente de la energía eléctrica y buenas prácticas de utilización de los equipos a los colaboradores de la planta. Ver módulo Diseño y ejecución de un programa de capacitación para concientizar sobre el uso eficiente de energía eléctrica al personal de una empresa productora de sacos industriales.
2	Verificar el buen funcionamiento capacitores en las área que no cuenten con ellos para reducir picos de potencia durante el arranque.
3	Implementar energías renovables como la solar para disminuir el costo energético asociado a la línea de producción. Ver módulo: Modelo de evaluación económica para mejoras en una línea de producción de rafia en una empresa productora de sacos industriales
4	Evaluar la implementación de motores de mayor eficiencia como los de clase IE4 del catálogo Weg. Para el motor extrusor (motor 1).

- Acciones sugeridas para reducir el consumo eléctrico en la producción de rafia

Cuadro 11. Análisis térmico motor 2

Temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo ( $\pm 1$ )	Temperatura máxima interior del motor ( $\pm 2$ )	Diferencias de temperatura	Incertidumbre	Bajo especificación
105°C	81.7°C	23.3°C	$\pm 2.2$	Sí
102°C	83.6°C	18.3°C	$\pm 2.2$	Sí

- Resultados de motores 1,3,4 y 5 en Cuadro 25 ,Cuadro 26, Cuadro 27 y Cuadro 28 en página 99 de anexos

- Temperatura máxima interior y temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo son datos calculados a partir de valores teóricos y de los datos obtenidos mediante herramientas de análisis térmico. Ver Figura 8 y Figura 9.
- Datos originales en Cuadro 37, Figura 37 y Cuadro 36
- Ver Cálculo 8, Cálculo 9, Cálculo 10 y Cálculo 20

Cuadro 12. Condiciones actuales de conexiones eléctricas

Motor	Temperatura máxima $\pm 2^{\circ}\text{C}$	Condición	Desviación estándar
1	48.1	En especificación	3.3
2	38.3	En especificación	1.1
3	66.5	Fuera de especificación	1.2
4	35.9	En especificación	1.1
5	65.8	Fuera de especificación	2.1

- Se utilizó el criterio de especificación de temperatura máxima para el tipo de cable. Ver Sistema de clasificación de temperatura en página 24 y Cuadro 57.
- Para los cables de 10.40 mm de diámetro (3/0 AWG) la condición de especificación indica temperaturas máximas de 75°C.
- Para los cables de 3.264 mm de diámetro (8 AWG) la condición de especificación indica temperaturas máximas de 60°C.
- Ver Figura 42, Figura 43 y Figura 44
- Ver Cuadro 30, Cálculo 21

Cuadro 13. Diferencia de temperaturas entre fases de cables

Motor	$\Delta T$	Condición	Desviación estándar
1	6	Probable deficiencia	3.3
2	2	Posible deficiencia	1.1
3	2	Posible deficiencia	1.2
4	2	Posible deficiencia	1.1
5	4	Probable deficiencia	2.1

- Se utilizó el criterio de diferencia de temperaturas entre elementos bajo cargas similares. Ver Cuadro 1. De la norma International Electrical Testing Association. Para el diferencias de 1-3°C se una el término “en especificación” para referirse a la condición de la conexión. Para el diferencias de 4-15°C se una el término “deficiencia leve” para referirse a la condición de la conexión.
- Ver Cuadro 41, Cuadro 42, Cuadro 43, Cuadro 44, Cuadro 45, Cuadro 51, Cuadro 52, Cuadro 53, Cuadro 54 y Cuadro 55
- Ver Cálculo 11, Cálculo 21

## B. MÓDULO 2:

Esta sección presenta los resultados de la investigación realizada en una empresa productora de sacos industriales, con el propósito de diseño y ejecución de un programa de capacitación para concientizar sobre el uso eficiente de energía eléctrica.

### 1. Resultados del diagnóstico sobre los conceptos y prácticas del personal referente al uso de energía.

Cuadro 14. Resumen de las observaciones realizadas dentro de la planta para indagar sobre uso de la energía, señalización y estado de los equipos

Observaciones	
Espacio observado	Uso del equipo industrial
Los colaboradores cuentan con equipo de seguridad en las áreas donde lo necesitan, sin embargo, en el área donde se trabajan los sacos de yunte, no todos usan mascarilla.	
Al terminar su labor o cambiar de turno, debe quitar el exceso de polvillo del piso y su ropa, lo hacen desconectando la manguera del compresor y utilizan el aire para quitar las partículas de yunte del piso y ropa. El calor es intenso y provoca deshidratación, se necesitan colocar más bebederos o garrafones de agua.	
Espacio observado	Uso de luz (bombillas) dentro de la planta y oficinas
La iluminación durante el día es adecuada, sin embargo, hay áreas donde están los paneles de control y cableado donde la luz no es suficiente. Las lámparas, algunas son incandescentes otras son alógenas. En pequeñas oficinas dentro de la planta, la luz no se apagar, permanece encendida sin importar que alguien esté o no.	
Espacio observado	Señalización
La planta está señalizada, pero necesitan mantenimiento y utilizar material más resistente. Se observan señales donde hay corriente eléctrica o alta tensión.	
No hay rótulos que hagan consciencia de uso de energía, limpieza, uso del agua, etc.	
Los paneles de control necesitan ser rotulados y aislar los cables para que no se mezclen.	
Espacio observado	Conexiones eléctricas
En algunas áreas el cableado está en el piso y descubierto, sobre todo en donde hay paso peatonal, podría causar accidente. No todas las conexiones eléctricas están señalizadas.	
No todas las tomas de corriente eléctrica, están señalados o indicando de qué voltaje tienen. No todos los colaboradores respetan las señales de seguridad, equipos y sobre todo no pararse en los cables de los equipos y maquinaria.	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Diario de campo, elaboración propia.</li><li>• Las observaciones detalladas se pueden analizar en la página 148.</li></ul>	

Cuadro 15. Resumen de entrevistas realizadas a jefe de mantenimiento y encargada de capacitaciones para indagar sobre su percepción en el manejo del tema por los colaboradores.

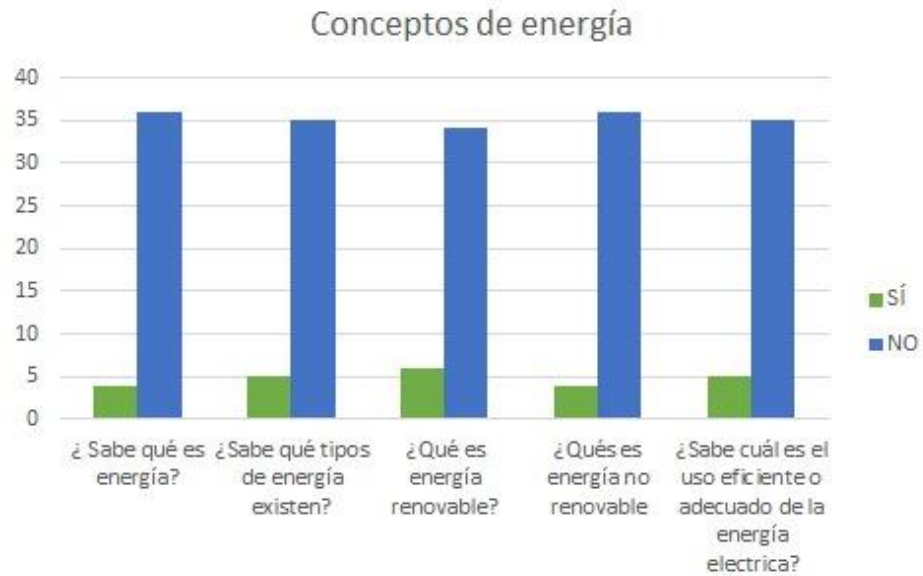
Entrevista #1	Entrevistado: Encargada de capacitaciones
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al consultarle sobre su planificación de capacitaciones anual, solamente mencionó temas como seguridad industrial y valores de la empresa. El nivel de escolaridad indicó que es bajo pues en su mayoría, son personas adultas que no terminaron de estudiar primaria y secundaria. Lo mismo sucede con los rangos de edad, pues son muy variados y oscilan entre 18 a 60 años.</li> <li>La encargada comentó, que, como empresa, les interesa tener dentro de sus capacitaciones el tema del uso consciente de la energía.</li> <li>El tiempo máximo con el que se cuenta es de media hora para realizar la capacitación que se proponga para los colaboradores.</li> <li>Entre las fortalezas mencionó el interés de los empleados por superarse, respeto y atención que se presta en las capacitaciones.</li> <li>Entre las limitaciones el nivel de escolaridad pues algunos no terminaron la primaria y la edad, pues para unos será un refuerzo y para otros un nuevo aprendizaje.</li> </ul>
Entrevista # 2	Entrevistado: Jefe de mantenimiento de planta
	<ul style="list-style-type: none"> <li>El uso inadecuado de la energía por parte de los empleados ha incrementado los costos para la empresa en este tema.</li> <li>Los colaboradores conocen los procedimientos y reglamentos dentro de la planta, pero, en muchas ocasiones la poca consciencia que tienen los hace utilizar los equipos de una manera inadecuada causando llamadas de atención.</li> <li>Considera que existe la necesidad de realizar una capacitación didáctica donde se resalte las consecuencias del mal uso de la energía tanto en su lugar de trabajo como en sus hogares.</li> <li>No todos los colaboradores tienen un nivel de escolaridad avanzado, el tema no es conocido por ellos, es necesario realizar una capacitación y concientizar sobre las consecuencias de sus acciones.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrevistas, elaboración propia.</li> <li>El formato utilizado se encuentra en las páginas 140 y 141, las entrevistas completas pueden analizarse las páginas 152 y 153</li> </ul>

Cuadro 16. Descripción de preguntas y respuestas obtenidas de la evaluación diagnóstica realizada para identificar las ideas básicas del tema de energía

Preguntas	Sí	No
¿Sabe qué es energía?	4	36
¿Sabe qué tipos de energía existen?	5	35
¿Qué es energía renovable?	6	34
¿Qué es energía no renovable?	4	36
¿Sabe cuál es el uso eficiente o adecuado de la energía eléctrica?	5	35
Promedio	12.5%	87.5%

- Evaluación pre capacitación a colaboradores.
- Los resultados se evaluaron tomando en cuenta si la respuesta descrita demostraba identificación en el tema (sí), de lo contrario era negativa (no).

Figura 26. Tendencia de respuestas con base a la identificación de ideas básicas en el tema de energía, realizadas en la evaluación diagnóstica



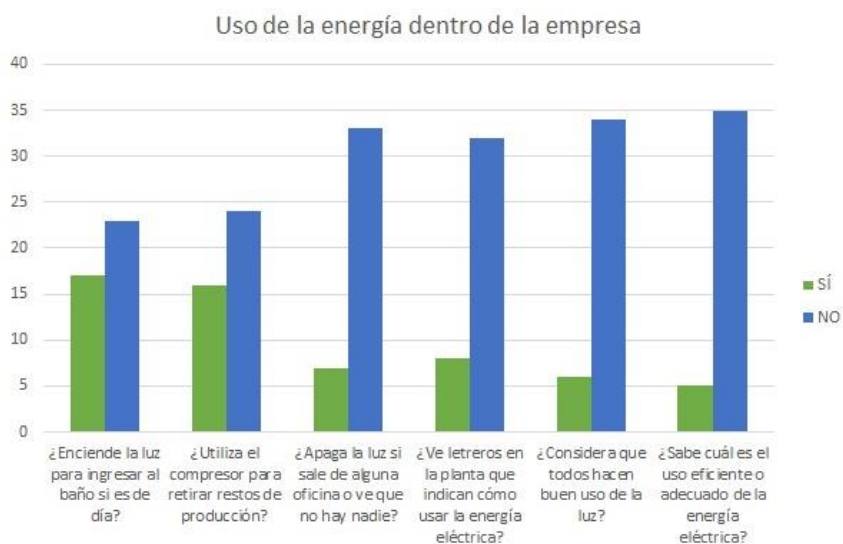
- Elaboración propia a partir de los resultados de la evaluación pre capacitación a colaboradores.

Cuadro 17. Descripción de preguntas y respuestas obtenidas de la evaluación de las ideas básicas el tema del uso de la energía dentro de la empresa

Preguntas	Sí	No
¿Enciende la luz para ingresar al baño si es de día?	17	23
¿Utiliza el compresor para retirar restos de producción?	16	24
¿Apaga la luz si sale de alguna oficina o ve que no hay nadie?	7	33
¿Ve letreros en la planta que indican cómo usar la energía eléctrica?	8	32
¿Considera que todos hacen buen uso de la luz?	6	34
¿Sabe cuál es el uso eficiente o adecuado de la energía eléctrica?	5	35
Promedio	24.5%	75.5%

- Evaluación pre capacitación a colaboradores.

Figura 27. Tendencia de respuestas con base a las ideas básicas el tema del uso de la energía dentro de la empresa



- Elaboración propia a partir de los resultados de la evaluación pre capacitación a colaboradores.

## 2. Guía de capacitación usando estrategias adecuadas a la muestra

Cuadro 18. Contenido de la planificación utilizada durante el desarrollo de la capacitación a los colaboradores, sobre el uso consciente de la energía

CONTENIDOS		
Contenido declarativo	Contenido procedimental	Contenido actitudinal
Energía, tipos de energía, energía renovable y no renovable.	Identifica de los conceptos básicos de energía, tipos de energía, energía renovable y no renovable. Identifica las causas que provocan el consumo inadecuado de la energía eléctrica. Identifica problemas de uso inadecuado de la energía eléctrica.	Reflexiona acerca de la consecuencia negativa que ha provocado el ser humano a través de sus acciones. Valora la importancia de actuar a favor de mejorar el consumo de energía eléctrica en la empresa y su hogar.
Concientización del consumo de energía eléctrica.	Analiza causas y efectos del uso inadecuado de la energía eléctrica. Describe características de la concientización del uso adecuado de la energía eléctrica. Diferencia entre el uso adecuado e inadecuado de la energía eléctrica. Ejemplifica usos adecuados de la energía eléctrica. Clasifica el uso adecuado y el uso inadecuado de la energía eléctrica.	Relaciona las acciones diarias de consumo con el impacto que tiene en la empresa y su hogar. Toma decisiones que propicien la implementación de una concientización sobre el uso adecuado de la energía eléctrica.

DESARROLLO DE ACTIVIDADES

Tiempo	Actividad	Recursos
Inicio	Mientras los colaboradores entran al salón en donde se desarrollará la capacitación, proporcione gafetes o stickers para que cada uno escriba su nombre o cómo desea ser llamado.	Stickers, gafetes y marcadores
3 minutos	Presentación del facilitador Presentación de objetivos de la capacitación	Computadora y cañonera
5 minutos	<p>Actividad rompe hielo:</p> <p>Decir: “Les pediré por favor que tomen una ficha que están en la mesa y escriban dos oraciones sobre su vida, una verdadera y otra falsa. Por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Yo nunca he leído un libro completo.</li> <li>✓ Una vez maneje un tráiler.</li> </ul> <p>No compartan sus oraciones con nadie aún”</p> <p>Se dará 1 minuto para escribir sus oraciones.</p> <p>Decir: “En parejas tomando turnos, la pareja A compartirá sus oraciones y el compañero B adivinará cuál es la verdadera y cuál es la falsa. Después el compañero B seguirá el mismo procedimiento”.</p> <p>Si cree que los participantes necesitan más o menos tiempo proporciónelo, mientras que la actividad no dure más de 5 minutos.</p>	Fichas, marcadores o lapiceros
3 minutos	Pre test	Instrumento Lapiceros
4-5 minutos	<p>Mostrar un video que tenga relación con el consumo consciente de energía eléctrica.</p> <p>Decir: “¿Cuál creen que fue el propósito de mostrar este video? ¿Qué pensó o sintió al ver el video? ¿Qué relación tiene el video con Guatemala?”</p> <p>Escuchar comentarios (5 mínimo)</p>	<p>Computadora</p> <p>Bocinas</p> <p>Video:</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=xE6pPoIatMo">https://www.youtube.com/watch?v=xE6pPoIatMo</a></p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=31tC0EpPyyQ">https://www.youtube.com/watch?v=31tC0EpPyyQ</a></p>

7-10 minutos	<p>Lectura</p> <p>Decir: “A cada uno de ustedes les daré una copia de un artículo que fue publicado en un periódico local, tomarán un tiempo para leer el artículo, mientras lee resalte, subraye o circule alguna parte que le llame la atención. Puede ser más de una sección y no es imprescindible que termine el artículo”.</p> <p>Proporcione 5 minutos para que los participantes lean el artículo</p> <p>Decir: “Les pido que ahora hagamos grupo de 3 a 4 personas o trabajen con los mismos miembros de la mesa en la que se encuentran, deberán participar al menos 4 personas exponiendo que les llamo la atención y realizar los siguientes pasos:</p> <p>Leer en voz alta la parte que llamó su atención</p> <p>Compartir lo que piensa sobre lo que le llamó la atención</p> <p>Compartir que significa o como lo aplicaría en su vida.</p> <p>Se dará tiempo de 1 minuto para cada intervención.</p>	<p>Artículo de periódico</p> <p>Marcadores, resaltadores, lápices, lapiceros</p>
5-8 minutos	<p>Árbol de problemas</p> <p>Decir: “Acá tengo un árbol, este árbol tiene raíces, tronco y ramas. Vamos a pensar en el artículo que acabamos de leer. Piense en el problema principal de esa situación, ese será el tronco de su árbol, pensarán en las ramas como los efectos del problema y en las raíces del árbol como las causas del problema afecta a su empresa y su vida personal. Escoger solamente un problema para desarrollar el trabajo”</p> <p>Cada mesa de trabajo construirá su árbol, el facilitador tomará 5 minutos de trabajo.</p>	<p>Pliegos de papel manila</p> <p>Marcadores</p>
5-10	<p>Con el método deductivo, exponer las diferentes fuentes de energía y proyectar imágenes que las identifiquen.</p> <p>Explicar cómo funcionan cada una de ellas y entregar la hoja de trabajo.</p> <p>Decir: “En la siguiente hoja de trabajo encontrarán las diferentes fuentes de energía y cómo funcionan, identificar cómo funcionan y la ha visto en funcionamiento”</p> <p>Dar 3 minutos y pedir participación al azar en las diferentes mesas de trabajo.</p>	<p>Hoja de trabajo</p> <p>Lapiceros, lápices y marcadores</p>

5 minutos

Solicitar a los participantes que llenen encuestas de satisfacción del desarrollo de la capacitación.  
Post test

Encuesta y Post test  
Lapiceros

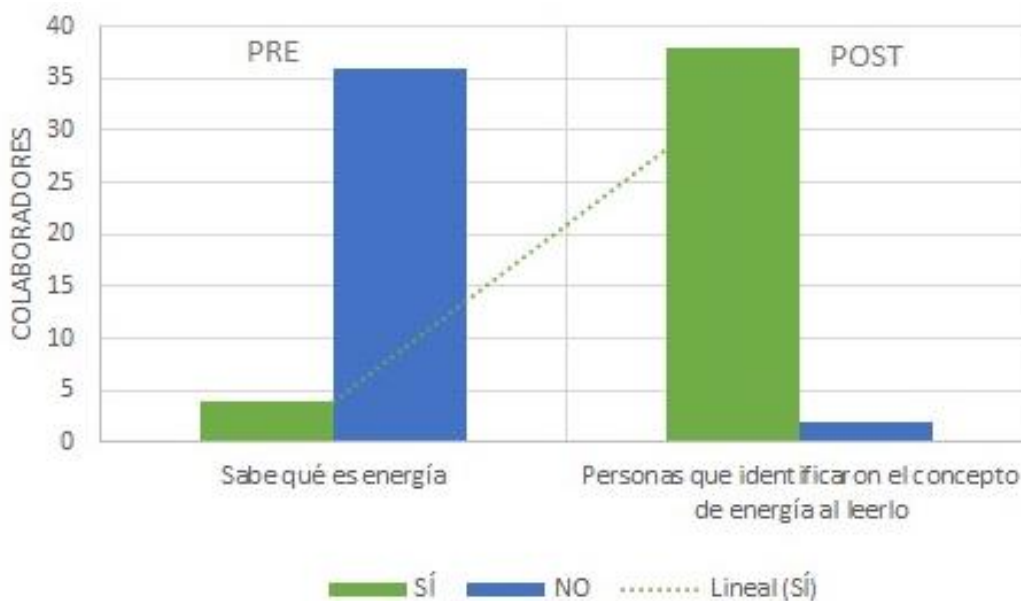
### 3. Resultados después de la capacitación

Cuadro 19. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar el concepto de energía en una lista de enunciados, con una muestra de cuarenta personas

¿Qué es energía?	Frecuencia	Porcentaje
a. Movimiento del cuerpo humano	0	0
b. Capacidad que tiene la materia para lograr efectuar un trabajo	38	95
c. Lo que necesita un equipo para funcionar	2	5
d. Ninguna de las anteriores	0	0
Total	40	100

- Evaluación post capacitación a colaboradores.

Figura 28. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de energía



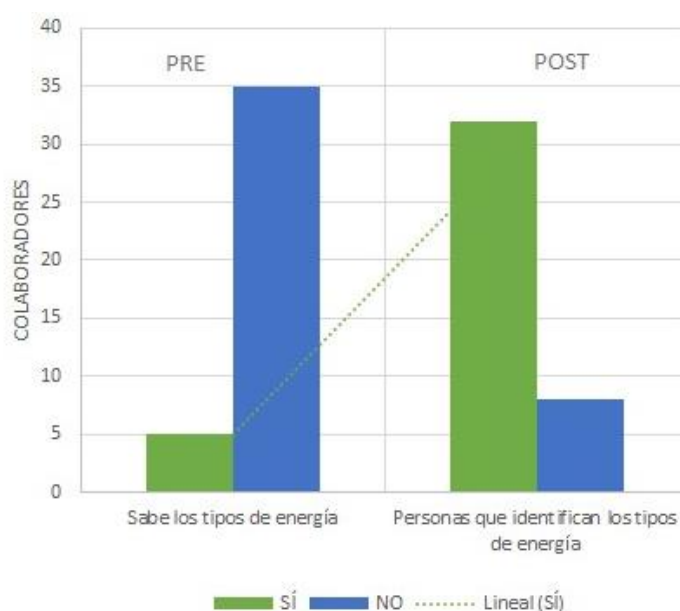
- Elaboración propia a partir de los resultados de la evaluación post capacitación a colaboradores.

Cuadro 20. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar el concepto de tipos de energía en una lista de enunciados, con una muestra de cuarenta personas

¿Cuáles son los tipos de energía?	Frecuencia	Porcentaje
a. Energía eléctrica	5	12.5
b. Energía renovable y no renovable	28	70
c. Energía hidráulica	5	12.5
d. Energía mecánica	2	5
Total	40	100

- Elaboración propia a partir de resultados de la evaluación post capacitación a colaboradores.

Figura 29. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de tipos de energía



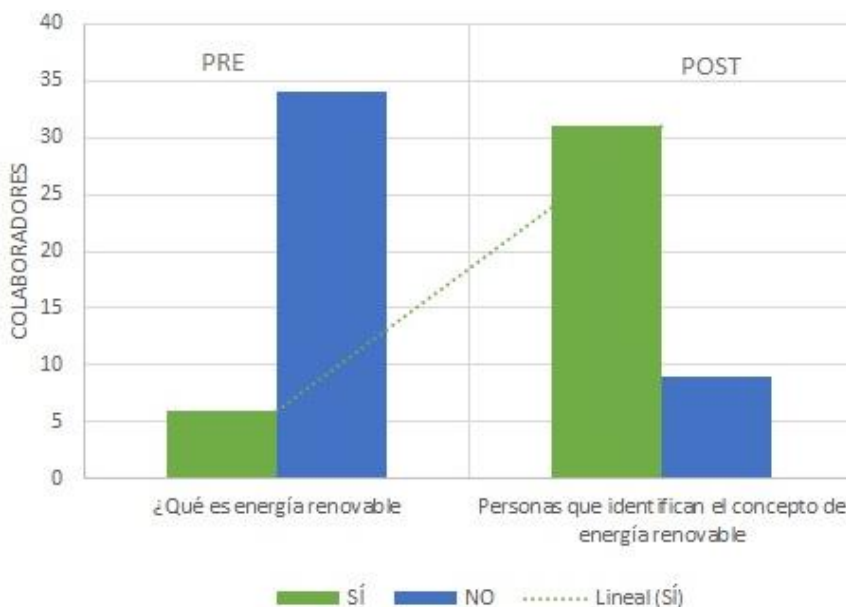
- Elaboración propia a partir de los resultados de la evaluación post capacitación a colaboradores.

Cuadro 21. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar el concepto de energía renovable en una lista de enunciados, con una muestra de cuarenta personas

¿Qué es energía renovable?	Frecuencia	Porcentaje
a. Energía que encontramos en la naturales	7	17.5
b. Proviene de una fuente natural, son recursos limpios y casi inagotables	31	77.5
c. Cualquier materia que se puede reciclar	0	0
d. Ninguna de las anteriores	2	5
Total	40	100

- Elaboración propia a partir de resultados de la evaluación post capacitación a colaboradores.

Figura 30. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de energía renovable



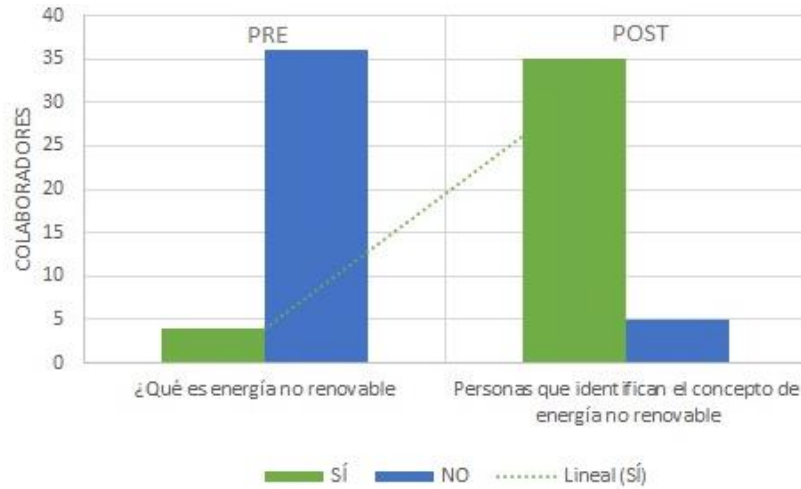
- Elaboración propia a partir de los resultados de la evaluación post capacitación a colaboradores.

Cuadro 22. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar el concepto de energía no renovable en una lista de enunciados, con una muestra de cuarenta personas

¿Qué es energía no renovable?	Frecuencia	Porcentaje
a. Aquellas de cantidad limitada que venden en las gasolineras	3	7.5
b. Recursos que se pueden generar inmediatamente	2	5
c. Se encuentran de forma limitada en la naturaleza y cuya velocidad de consumo es mayor que la de su regeneración	35	87.5
d. Ninguna de las anteriores	0	0
Total	40	100

- Elaboración propia a partir de resultados de la evaluación post capacitación a colaboradores.

Figura 31. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de energía no renovable



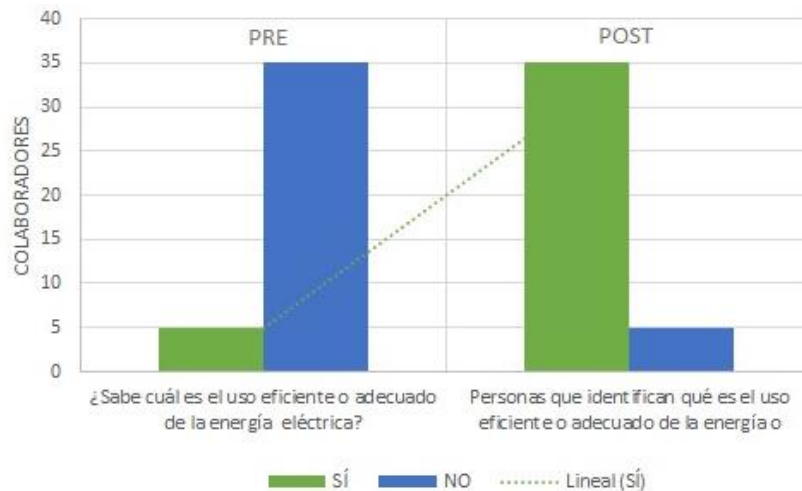
- Elaboración propia a partir de resultados de la evaluación post capacitación a colaboradores.

Cuadro 23. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar el concepto de consumo eficiente de la energía en una lista de enunciados, con una muestra de cuarenta personas

¿Qué es el consumo eficiente de la energía?	Frecuencia	Porcentaje
a. No utilizar todos los aparatos eléctricos que tengamos en el hogar	5	12.5
b. Reducir el consumo de energía teniendo los mismo beneficios, servicio o producto.	35	87.5
c. Utilizar energía que proviene de petróleo y carbón	0	0
d. Ninguna de las anteriores	0	0
Total	40	100

- Elaboración propia a partir de resultados de la evaluación post capacitación a colaboradores.

Figura 32. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de consumo eficiente de la energía



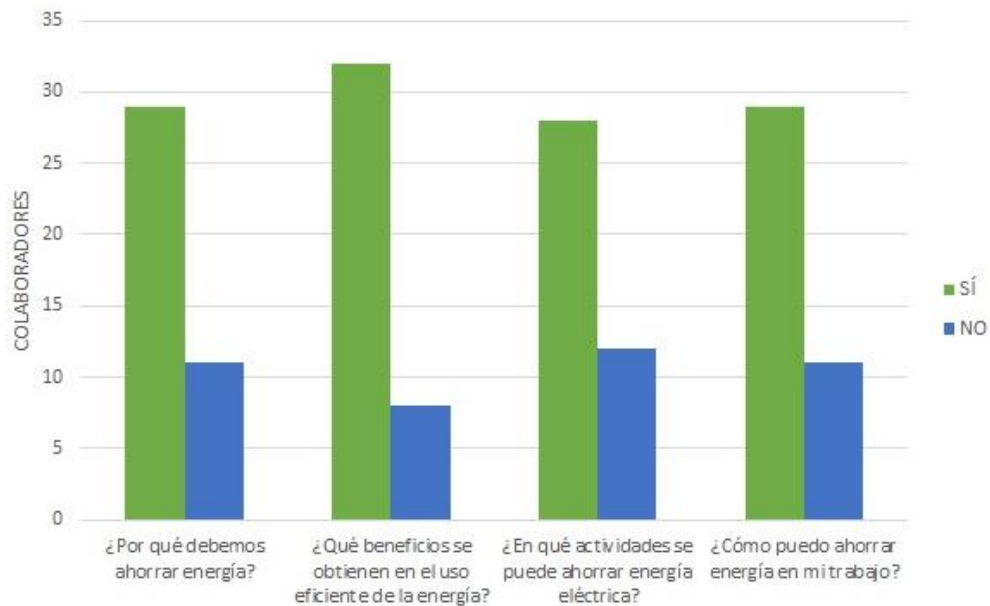
- Elaboración propia a partir de resultados de la evaluación post capacitación a colaboradores.

Cuadro 24. Resultados por frecuencia y porcentaje después de la capacitación, para identificar las ideas que cumplan con el concepto de concientización el uso eficiente de la energía, con una muestra de cuarenta personas

Concientización en el uso eficiente de la energía	Frecuencia	Porcentaje
a. ¿Por qué debemos ahorrar energía?	29	72.5
b. ¿Qué beneficios se obtienen en el uso eficiente de la energía?	32	80
c. ¿En qué actividades se puede ahorrar energía eléctrica?	28	70
d. ¿Cómo puedo ahorrar energía en mi trabajo?	29	72.5
Promedio %		73.75

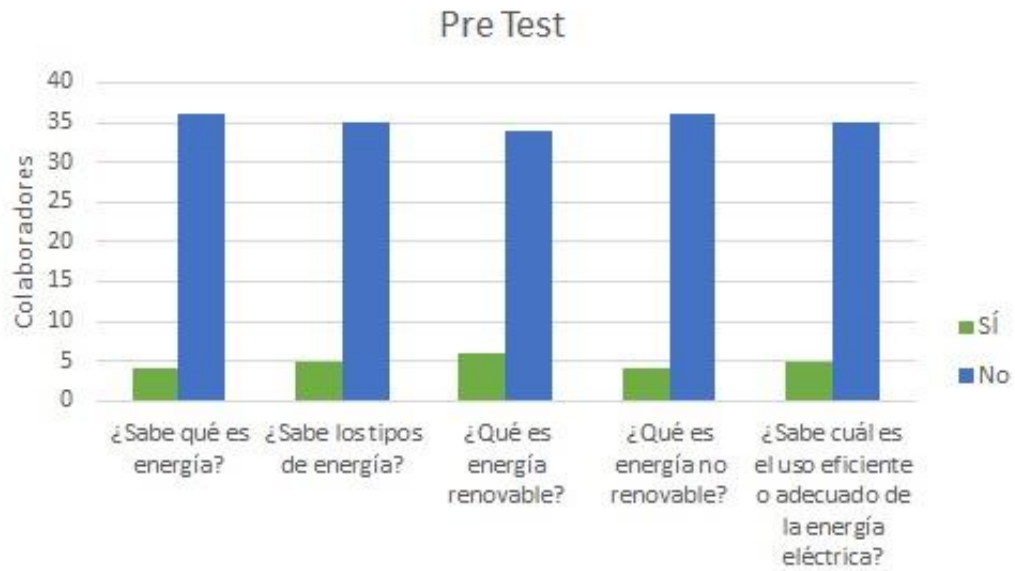
- Elaboración propia a partir de resultados de la evaluación post capacitación a colaboradores.

Figura 33. Tendencia de respuestas pre y post capacitación según las evaluaciones realizadas en el tema de concientización en el uso eficiente de la energía



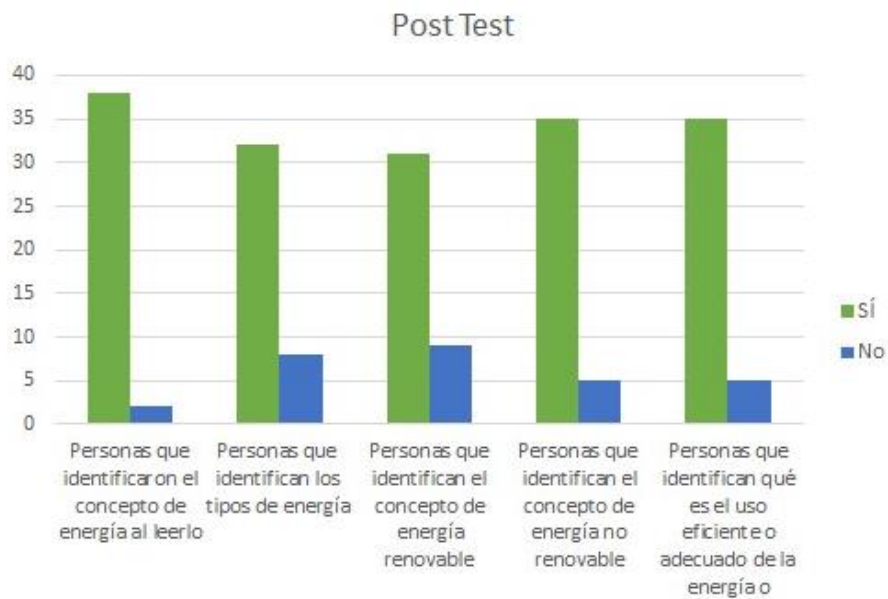
- Elaboración propia a partir de resultados de la evaluación post capacitación a colaboradores.

Figura 34. Resultados consolidados del diagnóstico en el tema de energía y su uso consciente realizada en una muestra de cuarenta colaboradores



- Elaboración propia a partir de resultados del diagnóstico/pre test.

Figura 35. Resultados consolidados de la evaluación post capacitación en el tema de energía y su uso consciente realizada en una muestra de cuarenta colaboradores



- Elaboración propia a partir de resultados del post test.

4. Manual del programa de capacitación, material didáctico y estrategias

Programa de concientización

Manual

Tema: Uso eficiente de la energía



- Manual completo se encuentra en la página 154.

## VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### A. GUÍA DE ANÁLISIS DE MOTORES ELÉCTRICOS Y SUS CONEXIONES ELÉCTRICAS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE RAFIA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE SACOS INDUSTRIALES

Con el fin de analizar el consumo energía en los motores principales de una línea producción de hilo rafia, se realizó una delimitación del área de estudio con un criterio de consumo total de energía. La línea estudiada tiene grandes requerimientos energéticos como se muestra en el Cuadro 56 en el área de anexos. Los datos presentes en el cuadro dieron pauta a la selección de esta línea sobre sus similares.

Como primer paso se realizó un esquema de la línea de producción. En el esquema, Figura 19, se puede observar cada uno de los segmentos de la producción de hilo rafia. El primero es el dosificador volumétrico. Este está compuesto por tolvas que liberan la resina virgen de polipropileno, carbonato de calcio y colorante. El carbonato de calcio es de suma importancia porque este le proporciona al hilo sus propiedades de tensión. El colorante cumple la función de evitar que el hilo producido sea transparente.

Posteriormente los pellets ingresan a un mezclador, que garantiza una homogeneidad en la mezcla. Esta ingresa a un tornillo extrusor que, a gran presión y calor, derrite los pellets y los transforma en una pasta de color blanco. Esta pasta ingresa a un instrumento llamado que la transforma en una película delgada. La película se dirige a una serie de rodillos en los cuales se estira y se enfría. Al finalizar este proceso la película es cortada en hilos, que ingresan a un horno. A la salida del horno los hilos son nuevamente estirados por rodillos calientes y por rodillos fríos para proporcionar denier correcto al hilo. Por último, el hilo es embobinado.

El balance de masa realizado se puede observar en Figura 20, la producción es de 504.89 kg/h con un rendimiento de 97.2%. La máquina también tiene la capacidad de operar con un OEE de 87% con el cual alcanza una producción de 454 kg/h. Esto se utiliza para regular el denier del producto final. La merma del proceso es del 2.8% esta se debe principalmente a la formación de material particulado el cual es extraído por medio de una succión de aire.

Se delimitó el sistema de estudio al área autorizada por la empresa. Este abarca desde el tornillo extrusor hasta el embobinado del hilo rafia. Se consideraron como motores principales aquellos motores indicados

por la empresa para el estudio, que representaran el 80% de la potencia nominal de los motores de la línea de producción. Los motores se eligieron entre los diferentes tipos de motores descritos en Cuadro 4 según su consumo de potencia nominal y por su importancia en el proceso de extrusión del hilo rafia. El primer motor en la selección es motor de la extrusora de marca Baldor, ver Cuadro 6 el segundo motor seleccionado fue el WEG-Lenze W22 encontrado en los rodillos calientes, el tercer motor fue el Lenze 3-Mot EN60034, localizado en la primera serie de rodillos. Estos motores se encarga principalmente de la extrusión, adelgazar la película de polipropileno y disminuir el denier del hilo rafia.

Se estudiaron dos tipos de motores más, el de las embobinados (0.12 kW) y otro presente en la primera serie de rodillos (0.87 kW), que se encargaba de movilizar la película, sin embargo, sus potencias eran muy bajas y no significativas para el estudio. Al sumar las potencias de estos equipos no se llegaba a una significancia del 80% de potencia nominal. Por esta razón estos motores fueron descartados. Por consiguiente, se seleccionó como el motor 4, otro WEG-Lenze W22, que se encuentra en la segunda serie de rodillos fríos y quinto motor seleccionado fue un Lenze 3-Mot EN60034, localizado en la primera serie de rodillos. Una vez seleccionados se indicó en el esquema de la línea, su posición, Figura 19.

Existieron dificultades para obtener los datos de placa de los motores seleccionados, Cuadro 6, debido a que estos no contaban con sus placas en buenas condiciones y a que las placas no poseían los datos completos, Figura 45, Figura 46y Figura 47. Los datos faltantes se obtuvieron por medio de los manuales de equipo y por consulta con la empresa en donde se realizó el estudio, como en el caso de la eficiencia del motor 1, en donde el valor de potencia se obtuvo al revisar sus manuales y consultar con la empresa para estimar el valor más adecuado (los motores serán identificados de este momento en adelante por la numeración presente en el Cuadro 6). Como datos adicionales a las revoluciones por minuto, corriente, tensión, frecuencia, potencia y eficiencia se registraron datos de tipo de aislante, calibre de cable de conexión el número de fases del motor, Cuadro 30, para su posterior análisis.

Una vez seleccionados los motores para el estudio se realizó a cada uno de ellos mediciones de voltaje y corriente. La medición de voltaje fue realizada al poner el multímetro en serie con las resistencia, esta fue asistida por personal de la planta. Como resultado dio valores muy próximos a 440 V en los motores 1,2 y 4 y de 220 V en los motores 3 y 5, por lo que se normaron estos valores para posteriores pruebas y cálculos, ver Cuadro 31 hasta el Cuadro 35. La corriente fue medida de fase en fase, con un multímetro de gancho, como dato se utilizó el máximo presentado por el multímetro durante el tiempo de la medición, esto para no subestimar el consumo de energía. Como consecuencia esto provocó una posible sobre estimación de la potencia requerida por el motor, Cuadro 31 hasta Cuadro 35.

Las potencias fueron calculadas por medio de la ecuación de potencias para motores trifásicos. El factor de potencia utilizado fue de 0.92, dato proporcionado por la empresa, ver Cálculo 4. Como corriente que se

utilizó fue el promedio de la corrientes medidas. El Cuadro 7 muestra las potencias suministradas a los motores, además se presenta su desviación estándar, la cual indica la separación de los valores calculados, con respecto a la media obtenida, ver Cuadro 46 hasta Cuadro 50. El motor 1 presentó una mayor desviación estándar, esto principalmente a que sus valores de potencia son de un orden de magnitud mayor al siguiente motor. Como se esperaba los valores de potencia requerida por los motores 2 y 4 son muy similares igualmente los valores de los motores 3 y 5. Sin embargo las desviaciones estándar de los motores 2 y 4 variaron un 14% entre ellas, lo cual indica que los valores registrados no mostraron la misma dispersión. La potencia de cada motor se encuentra acompañada de su incertidumbre. Esta se obtuvo de la propagación de error del multímetro en los valores de voltaje y amperaje. La incertidumbre calculada es muy baja lo cual muestra una alta precisión en los datos. El consumo energético de los motores es proporcional a la eficiencia de los mismos.

El rango de potencias de los motores se obtuvo de la diferencia entre el valor de potencia más grande calculado y del valor de potencia más bajo calculado. Este rango se observa junto a un intervalo de confianza de 95% en el Cuadro 8. Las variaciones entre el intervalo de confianza y el rango de kW se deben a que el intervalo de confianza muestra el rango en el cual se encontrarían el 95% de los datos, mientras el otro valor es un rango absoluto el cual describe un rango en el cual se encuentran el 100% de los datos muestreados. El intervalo de confianza fue calculado con valores de t-student, debido a que estos describen de mejor manera muestras con menores grados de libertad. Al revisar los datos de los Cuadros 31 hasta Cuadro 35, se observa que cuatro de cada cinco valores quedan dentro del rango del intervalo de confianza, esto debido a que el intervalo no representa a la totalidad de los valores. Al comparar los valores del intervalo de confianza con los valores de la desviación estándar se observa una correlación que, a mayor desviación estándar, se posee un mayor intervalo de confianza. La desviación estándar del motor 1 fue de 0.685 y tuvo un intervalo de confianza de 0.85; mientras que la desviación estándar del motor 5 fue de 0.034 y este tuvo un intervalo de confianza de 0.04. Estos rangos muestran lo separado en que se encontraban los datos obtenidos al estar los datos a menos de una desviación estándar uno del otro, se puede inferir que el motor opera de una manera regular. El motor uno presentó la desviación estándar más grande, este al encargarse de realizar la extrusión, presenta picos de potencia, los cuales afectan el resultado. Por otra parte, los motores pequeños como el 3 y 5 mostraron un comportamiento más regular igual que los motores 2 y 4. Con esto se puede observar que la operación de los motores se realiza de una manera adecuada, lo que reduce los picos de potencias, que aumentan el consumo energético.

El valor de relación de potencias de los motores se obtuvo al dividir la potencia a la cual opera el motor bajo las condiciones a las que está programada la máquina, con el valor de potencia suministrado calculado, Cuadro 9. La razón por la cual se tomó la potencia del “performance” del motor para el cálculo fue que los motores de la línea no podían detenerse durante la realización del estudio y que a este valor opera la máquina. Estos valores se presentan con un porcentaje de error, variando de 3.96% a 11.03%. A menor relación de

potencias se tiene un mayor consumo. Los motores 3 y 5 mostraron las peores relaciones de potencias, sin embargo estos al ser los de menor consumo energético tienen un impacto mucho menor en comparación con el motor 1, el cual a pesar de tener la mejor relación de potencias calculada, presenta la mayor cantidad de energía perdida, Figura 21.

Se pudo observar que la relación de potencias entre los motores 2 y 4 varió en 0.009 lo cual se puede deber a diferente estrés al cual se encuentra sometido el motor, sin embargo, el valor es muy bajo para realizar medidas correctivas. De igual manera la relación de potencias calculada de los motores 3 y 5 solamente varió 0.002, este valor indica un adecuado nivel de estandarización de los motores.

Entre las principales complicaciones para la determinación de los datos de potencia, se encontró el acceso a las líneas de corriente. Estas se encontraban, como lo indica la norma, en sus respectivos tableros. Los cables que transportan la electricidad a 440V al ser de calibre  $95.0 \text{ mm}^2$  (AWG 3/0) fueron difíciles de mover al momento de realizar la medición y se requirió de personal para llevar a cabo dicha tarea. Los cables de las líneas de 220 V eran de calibre  $10.0 \text{ mm}^2$  (AWG 8), por lo cual su manejo fue de mayor facilidad.

Balance de masa como se muestra en la Figura 20, tiene una entrada de material de 519.43 kg/h. El material de entrada es una mezcla de resina virgen de polipropileno, carbonato de calcio y colorante. Durante el proceso se tiene una merma de 2.8% la cual se debe a partículas que se desprenden de la lámina e hilos. Estas partículas son removidas mediante un equipo de succión, en total representan un flujo de 14.54 kg/h. Debido a esto se tiene una producción de 504.89 kg/h de hilo rafia con un rendimiento del 97.2%.

Balance de energía motor 1 se puede observar en la Figura 21 se tiene una entrada de 151.09 kWh de energía y una entrega de 134.23 kWh. Se obtuvo una relación de potencias de 0.888 y pérdidas de 16.86 kWh. La energía que entrega el motor se obtuvo por los datos de 90% de “performance” a la cual se encuentran los parámetros de operación de la línea de producción. Los datos del balance se encuentran en base 1 hora.

El balance de energía motor 2 se puede observar en la Figura 22, se tiene una entrada de 13.14 kWh de energía y una entrega al sistema de 11.25 kWh. Se obtuvo una relación de potencias de 0.856 y pérdidas en forma de calor, energía mecánica y cinética de 1.89 kWh. El dato de la energía que entrega el motor se obtuvo por el dato del 90% de “performance” a la cual se encuentran los parámetros de operación de los motores en la línea de producción. Los datos del balance se encuentran en base 1 hora.

El balance de energía motor 3 se muestra en la Figura 23, tiene una entrada de 3.46 kWh de energía y una entrega de energía de 2.70 kWh. La relación de potencias calculada es de 0.780 y tiene pérdidas de 0.76 kWh. El dato de la energía entregada por el motor se obtuvo de la misma manera que los motores anteriores (se

consultó sobre los parámetros de operación a la empresa) y los datos del balance se encuentran en base 1 hora.

El balance de energía motor 4 se muestra en la Figura 24, este tiene una entrada de 13.28 kWh de energía y el motor entrega 11.25 kWh. Su relación de potencias calculada fue de 0.847 y sus pérdidas térmicas de 2.03 kWh. El valor de energía entregada se obtuvo de la consulta a la empresa, donde se indicó que los motores trabajan a 90% de su capacidad nominal. El balance fue realizado en base a 1 hora de producción.

El balance de energía motor 5 se muestra en la Figura 25. Se puede observar que tiene una entrada de 13.14 kWh, el motor entrega 11.25 kWh y se tiene una relación de potencias de 0.856. Las pérdidas térmicas son de 1.89 kWh. Los datos fueron calculados según las condiciones de trabajo de los motores y a los valores obtenidos de corriente y voltaje que se le suministraron al sistema. El balance de energía se encuentra en base a 1 hora.

Las pérdidas energéticas de los motores se deben principalmente a pérdidas térmicas, mecánicas y cinéticas de los motores. Esto se debe al aumento de temperatura de los motores respecto a la temperatura ambiente, ejes no alineados de los motores que provoquen vibraciones y la fricción del eje del motor. Además es importante hacer notar que si existe una reparación de un motor en la cual se vuelva a embobinar el mismo, la eficiencia baja, los valores de placa ya no son válidos y las normas estándar no serán válidas.

Como se pudo apreciar cada motor cuenta con pérdidas de energía al operar. Sin embargo, cada uno de ellos posee un valor de pérdidas diferente. Al ya conocer las condiciones a las cuales operaran los motores se puede comparar estos motores con un modelo más actual. La comparación se realiza contra el catálogo de motores Weg. A partir de las revoluciones por minuto del motor, se puede conocer el número de polos que este posee, Figura 7. El motor 1, 3 y 5 poseen 4 polos; mientras que el motor 2 y 4 poseen 6 polos. Los motores 2, 3, 4 y 5 poseen la clasificación de eficiencia IE2, Cuadro 30. El motor 1 se comparará de la misma forma con los motores de clasificación IE2.

El equivalente al motor 1 en los valores del catálogo Figura 56 tendría una eficiencia de placa de 94.5% lo cual es superior a la que cuenta actualmente. La diferencia es aun mayor si se compara contra un motor de “Super Premium Efficiency” (IE4) de la misma línea de motores se contaría con una eficiencia de placa de 96.6%. Debido al alto consumo de energía de este motor y a que sus pérdidas energéticas son elevadas, el cambio de este motor por uno de mayor eficiencia es una propuesta de mejora atractiva, especialmente con el motor de súper alta eficiencia.

El equivalente a los motores 2 y 4 en la actualidad tiene una eficiencia de placa de 89.7% lo cual no es un aumento significativo y al compararlo con un motor de clasificación IE4 se tendría una eficiencia de placa

de 92.9% como se muestra en la Figura 55. Ya que el consumo de energía de este motor no es tan elevado como el motor 1 el aumento de eficiencia en comparación con el mismo motor de un modelo más reciente no es significativo. La única oportunidad de mejora atractiva es el cambio por un motor de súper alta eficiencia.

El equivalente a los motores 3 y 5 en la actualidad tiene una eficiencia de placa 85.5%, lo cual no es beneficioso y al compararlo con un motor de clasificación IE4 se tendría una eficiencia de 90.4%, tal como se observa en la Figura 55. El consumo de energía de estos motores es menor que motores anteriormente discutidos, la versión mas reciente del motor tiene un eficiencia de placa menor y solamente sería atractivo un cambio por un motor de alta eficiencia, sin embargo, el costo de los motores de alta eficiencia es elevado por lo cual se deben realizar análisis costo beneficio de las inversiones. (ver módulo: Modelo de evaluación económica para mejoras en una línea de producción de rafia en una empresa productora de sacos industriales)

Debido a que los motores estudiados se encuentran dentro de sus parámetros de operación cercanos a los de placa y que presentan rendimientos que cumplen con los requerimientos de la operación de la línea se sugiere la implementación de motores de mayor eficiencia como se discutió anteriormente. Además, implementar un plan de concientización periódicamente al personal en el uso de la consiente de la energía eléctrica como se realizó en el módulo: Diseño y ejecución de un programa de capacitación para concientizar sobre el uso eficiente de energía eléctrica al personal de una empresa productora de sacos industriales. Además de capacitaciones sobre la adecuada utilización de los equipos en la planta, ver Cuadro 10. Como sugerencias se propuso verificar el estado de los capacitares para reducir picos de potencia durante el arranque en las áreas que todavía no cuenten con ellos. Otra sugerencia fue implementar energías renovables como la solar para disminuir costos de energía asociados a la línea de producción como lo es la iluminación de la planta, debido a que esta es una inversión se debe realizar un análisis económico del mismo, ver módulo: Modelo de evaluación económica para mejoras en una línea de producción de rafia en una empresa productora de sacos industriales.

Uno de los mejores indicadores del estado de un motor, es la temperatura de su carcasa y en su interior, como regla gruesa se puede estimar que la temperatura interna del motor es 15°C mayor a la superficial. Además, se tiene que un incremento de 10°C en la temperatura límite del aislante del motor puede reducir su eficacia en un 50%. Otro factor importante es la temperatura ambiente, debido a que los motores tienen, dependiendo de su tipo de aislante una temperatura máxima de operación adecuada, en la cual su rendimiento no se ve afectado. Los datos de cada motor estudiado se encuentran en Cuadro 36 hasta Cuadro 40. Allí se especifica el tipo de aislante sus rango de temperatura y la temperatura ambiente a la cual se llevó a cabo el estudio. Al realizar un análisis termo gráfico del motor 2 se puede observar temperaturas máximas de 71.7°C, ver Figura 37. Los valores de temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo y la temperatura máxima interior se obtuvieron mediante los Cálculo 8 y Cálculo 9. Se utilizó el criterio de diferencia de

temperaturas para evaluar las condiciones a las cuales se encuentra operando. Cálculo 10. Si la diferencia entre las temperaturas es positiva, el motor se encuentra dentro de los parámetros adecuados para su buen funcionamiento según los valores de clasificación de temperatura según el tipo de aislante de la International Electrotechnical Commission, Figura 8. Si el valor es negativo, implica que el aislante se encuentra dañado y que el rendimiento del motor se encuentra comprometido. El motor 2 mostró encontrarse en buenas condiciones de operación tal como se observa en su termografía y en los resultados obtenidos, Cuadro 11.

La imagen termográfica del motor 1, Figura 36, mostró valores máximos de temperatura de 54.2°C, el resultado del motor indicó que este se encuentra dentro de especificación y mostró encontrarse en buenas condiciones de operación, Cuadro 25. El motor 3 mostró valores máximos de temperatura de 57.1°C, Figura 38 y tras el análisis término se que este se encontraba en especificación, Cuadro 26. El motor 4 presentó las mayores temperaturas, llegando estas a 85.1°C, Figura 39, a pesar de esta temperatura elevada en comparación con los demás motores, el análisis mostró que el motor se encuentra dentro de los parámetros de especificación, Cuadro 27. Los motores marca WEG, fueron calculados con un delta de temperatura menor a la regla gruesa, debido a que de esta manera lo indicaba el manual. El quinto motor mostro las temperaturas más bajas, siendo estas de 46°C, Figura 40, los resultados indicaron que motor se encontraba en Cuadro 28

Se calculó la incertidumbre de los datos calculados. Como fuente de error se tuvo la incertidumbre del equipo de medición, a pesar que la resolución de la cámara termográfica es de 0.08°C posee una incertidumbre de 2°C. Sin embargo, el valor de la incertidumbre de la temperatura no es lo suficientemente grande para afectar el criterio de la temperatura interna del motor para ninguno de los motores estudiados. Esto demuestra que las condiciones de operación de los equipos son adecuadas.

El método utilizado para este estudio fue termo gráfico, este mostro ser un método de fácil uso, efectivo y de toma veloz de datos. La complicación con el método es la disposición de la cámara termo gráfica y el cuidado del equipo de medición. Este se realiza de mejor manera sobre superficies pintadas. Las condiciones de medición fueron satisfactorias lo cual implica datos exactos. De no disponerse de cámara termográfica se puede realizar la medición con un termómetro láser, siempre y cuando se registre la mayor temperatura para el cálculo.

Otro factor importante para evaluar el funcionamiento de motores eléctricos es su conexión eléctrica. Esto debido a que al existir una mala conexión la energía que transportan los cables se disipa en calor al ambiente. Uno de los puntos críticos en donde esto sucede es en el “breaker” el cual es un sistema flipon. Los motores evaluados tenían diferentes calibres de cables, tal como se muestra en el Cuadro 30. Los motores 1,2 y 4 tiene un cable de calibre de 95.0  $mm^2$  (AWG de 3/0) el cual es la clasificación del estándar americano de cables; mientras que los motores 3 y 5 poseen un cable de calibre 10.0  $mm^2$  (AWG de 8). Como se observa en el Cuadro 56 cada cable tiene una temperatura de operación máxima recomendada. Según “International

Electrical Code” se debe tomar la temperatura de 60°C para cables de diámetro 7.348 mm (AWG hasta 1), para cables de mayores a 7.348 mm de diámetro (AWG 1) se debe tomar la temperatura de 75°C. La diferencia de temperaturas entre una conexión realizada adecuadamente y una conexión que tenga un falso contacto se puede observar en la Figura 41 donde la temperatura máxima es de 94.7°C y la Figura 42 donde la temperatura máxima es de 48.1°C. Ambas figuras son la misma conexión, solamente que la primera es previo al mantenimiento de la conexión eléctrica. La energía perdida durante por la mala conexión representaba un aumento de 46.6°C.

El primer criterio utilizado para la evaluación de la conexión eléctrica fue su temperatura máxima en relación a la temperatura máxima de especificación del cable. Las características de los cables eléctricos se encuentran especificados por los valores de International Electrical Code Handbook Cuadro 57, además los cables deben mantenerse a una temperatura ambiente de 30°C para que sus datos sean según lo indicado.

El motor 1 presentó una temperatura máxima de 48.1°C lo que se encuentra muy por debajo de su límite de 75°C. Al tomar en cuenta el amperaje de la línea, que es el medido a los motores, se puede notar que cumple con la ampacidad recomendado por el proveedor. Los cables que se encuentran conectados al breaker son cables POWERFLEX RV-K, los cuales tiene especificaciones diferentes en cuanto a la ampacidad permitida, ver Figura 57. Extracto de especificaciones de cables POWERFLEX RV-K . El motor 2 presentó una temperatura máxima de 38.3°C y el motor 4 una temperatura máxima de 35.9°C ambos temperaturas se encuentran debajo de los límites de 75°C, por lo cual las conexiones se encuentran en especificación. Además el amperaje de estos motores se encuentra en el rango recomendado por la norma. El motor 3 presentó una temperatura máxima de 66.5°C y el motor 5 una temperatura de 65.7°C, ambos valores superan el máximo recomendado de 60°C. Sin embargo, la diferencia de temperatura no es alarmante, porque se encuentran a menos de 10°C sobre la norma. Las principales razones de este incremento se pueden deber a una mala conexión o un o un daño físico, por lo cual es necesario la revisión esas conexiones y aplicar medidas correctivas. La incertidumbre de las mediciones  $\pm 2^\circ\text{C}$  garantiza que todos los criterios sean decisivos, ya que al sumar o restar la incertidumbre al resultado obtenido el criterio no cambia.

El segundo criterio evaluado en las conexiones eléctricas fue la diferencia de temperatura entre componentes a cargas similares. La importancia de este análisis es poder observar que las cargas se encuentren igualmente distribuidas en las fases estudiadas. Para dicho análisis se efectuó una evaluación cualitativa de las fases por medio de una termografía y se registraron las temperaturas de las conexiones por medio de la cámara termográfica y por medio de un termómetro laser. Los valores obtenidos en dichas mediciones se observan en Cuadro 41 y Cuadro 45.

Con los datos obtenidos de las mediciones, Cuadro 41 hasta Cuadro 45, se seleccionó el mayor valor de cada corrida y el menor, para el cálculo de la diferencia de temperatura, por facilidad del criterio, el valor se

redondeo a una unidad. El motor 1 presento una diferencia máxima de 6°C por lo cual se determinó que posee una deficiencia leve. El motor 2, 3 y 4 tuvieron una diferencia máxima de 2°C con lo cual se encuentra dentro de especificación. El 5 por otra parte tuvo una diferencia de temperaturas de 4°C lo cual indica una deficiencia leve. El criterio utilizado para definir la deficiencia se encuentra descrito en “International Electrical Testing Association” (International Electrical Testing Association, 2011). Los datos de las demás corridas realizadas se puede observar en Cuadro 51 hasta Cuadro 55.

Se calculó la desviación estándar de los datos de temperatura de conexión de los cables. Las desviaciones mostradas en el Cuadro 12 muestra que los mayores valores, presentaron deficiencias en la conexión según el criterio elegido. Esto se debe principalmente a que la desviación estándar muestral, indica que tan alejado de la media se encuentran los valores estudiados. En este caso se puede ver que para valores mayores a 1.2 en desviación estándar ya se contaba con una deficiencia en la conexión eléctrica.

Las diferencias en temperatura se pueden deber a un mal contacto, un cable a una tensión mayor en comparación con los otros cables, daños físicos en el cable, como lo pueden ser golpes u cortes o hasta un mal posicionamiento de los cables que provoque un alza en la temperatura.

Las conexiones del motor 1 al presentar variaciones en la temperatura de sus cables se recomienda un monitoreo periódico y ajustar sus terminales para asegurar su buen funcionamiento. Las conexiones de los motores 2 y 4 al mostrar estar bajo especificación no se recomiendan modificaciones. Las conexiones del motor 3 requiere una inspección y mantenimiento. Se debe limpiar el tablero y ajustar las terminales para evitar falsos contactos. De igual forma las conexiones del motor 5 requieren inspección, mantenimiento, limpieza y un ajuste de terminal, además de un monitoreo periódico para verificar si la falla encontrada persiste.

Es necesario realizar mantenimiento periódico a los equipos eléctricos, en especial a los que presenten fallas en sus conexiones. La línea de producción de polipropileno requieren gran cantidad de potencia eléctrica para su adecuado funcionamiento, los motores más importantes funcionan bajo las condiciones de especificación; sin embargo, algunos presentan oportunidades de mejora en sus conexiones eléctricas.

## **B. PROPUESTA Y EJECUCIÓN DE UN PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA CONCIENTIZAR SOBRE EL USO EFICIENTE DE ENERGÍA AL PERSONAL DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE SACOS INDUSTRIALES**

En el desarrollo del diagnóstico se pudo evidenciar por medio de observaciones dentro de la planta, utilizando un diario de campo, que no hay una correcta señalización y rotulación de las áreas donde se hace uso de la energía eléctrica, letreros con frases que indiquen cuál es el uso adecuado, el equipo de seguridad industrial no es utilizado correctamente por todos y hay conexiones eléctricas en malas condiciones.

Posterior a esto se entrevistó a dos autoridades de la empresa por medio de una entrevista semi estructurada, para determinar cuál era la percepción que tienen de los colaboradores en el tema de uso consciente de la energía. Los resultados indican que no se cuenta con una planificación de capacitaciones en el tema de concientización, el nivel de escolaridad es mixto, la identificación de conceptos relacionados con energía eléctrica es deficiente, dentro de la planta no tienen buenas prácticas en sus áreas de trabajo, no son conscientes de los costos de la energía y conocen procedimientos y reglamentos, pero no son aplicados. Sin embargo, tienen disposición de aprender y buena voluntad para hacerlo.

Se realizó un pre test a los colaboradores de la planta, por medio de un cuestionario dividido en dos secciones para determinar el nivel de información en el tema de energía y su uso consciente. En la primera serie los colaboradores tuvieron resultados muy marcados, donde el 12.5% tiene una idea básica y el 87.5% no tiene conocimiento alguno del tema. En la Figura 26 de barras se muestran de una manera más visual las respuestas obtenidas.

En la segunda serie fueron evaluadas las prácticas de los colaboradores en el uso de la energía dentro de la planta y en sus hogares, el 24.5% utiliza el recurso de una manera adecuada y el 75.5% no lo hace. La manera de evaluar fue con un listado de preguntas que se encuentra detalladas en el cuadro 4 donde puede verse de forma numérica las respuestas y de manera gráfica en la Figura 27.

Con los resultados obtenidos en el diagnóstico, se pudo proponer un programa de capacitación que incluyera temas sobre energía y su uso consciente. Para ello se tomó en cuenta el grupo etario (mixto), nivel de escolaridad (mixta) y actividades participativas utilizando dos canales de aprendizaje (kinestésico/visual), ya que por el breve tiempo que autorizaron (30 minutos) y el espacio donde se realizaría la capacitación, no se podía utilizar material auditivo, proyecciones o exposiciones. Se adaptó el programa de manera que fuera significativo el aprendizaje y comprensible para todos.

Posterior a implementar la capacitación piloto con el grupo muestra (n=40), se determinó que, a pesar que los resultados fueron positivos, la muestra no fue significativa pues la propuesta era para tomar un colaborador de cada departamento, desde gerentes hasta personal de limpieza. Para evaluar la capacitación, se realizó un post test que constaba de un cuestionario en donde los resultados por reactivo indican:

El 95% de los colaboradores identificó el termino adecuado al concepto de energía y el 5% aún presenta dificultades. Las opciones de respuesta múltiple se identifican en el Cuadro 19 y el comparativo del pre y post capacitación con tendencia positiva en la Figura 28.

En el concepto de tipos de energía, el 70% de identificó el termino y el 30% restante aún no es capaz. Las múltiples opciones se listan en el Cuadro 20 y en la Figura 29 se puede apreciar la comparación de antes y después de la capacitación con una tendencia positiva.

El siguiente cuestionamiento plateaba la identificación de que es energía renovable y no renovable, el resultado refleja que el 77.5% logró identificar el concepto de energía renovable, según Cuadro 21, y el 87.5% el de energía no renovable, detallado en el Cuadro 22. Se presentan dos figuras: Figura 30 y Figura 31, una por cada concepto donde se puede ver la tendencia con pendiente positiva entre la evaluación pre y post capacitación.

En la identificación de la frase que mejor se adapta a el uso eficiente de la energía, el 87.5% fue capaz de seleccionar la mejor opción y el 12.5% no logro identificarlo. En el Cuadro 23 se presenta el listado de conceptos y en forma comparativa antes y después de la capacitación, en la Figura 32.

Para evaluar los resultados sobre qué prácticas son correctas en el uso consiente de la energía, el promedio de respuestas correctas indica que el 73.75% de colaboradores pudo identificar las actividades que corresponden a un uso consiente del recurso. El listado de preguntas utilizadas y la frecuencia de colaboradores que dieron una respuesta correcta, se detalla en el Cuadro 24 y en la Figura 33 se comparan los resultados pre y post capacitación.

De acuerdo a la interpretación final de todos los resultados, el 81.87% de los colaboradores que recibieron la capacitación, pudieron identificar de una mejor manera una idea básica sobre el concepto de energía, energía eléctrica, tipos de energía, energía renovable y no renovable, y su uso eficiente, comparado con el diagnóstico inicial que indicaba que el 12.5% no tenía un concepto básico o idea del tema.



## IX. CONCLUSIONES

### A. GUÍA DE ANÁLISIS DE MOTORES ELÉCTRICOS Y SUS CONEXIONES ELÉCTRICAS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE RAFIA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE SACOS INDUSTRIALES

- El área delimitada para el trabajo comprende desde la extrusión del polipropileno hasta las series de rodillos fríos. Que consta de 9 motores, sin embargo se evaluaron 5 motores debido al consumo de mas del 80% que estos representan.
- Las potencias eléctricas calculadas de los motores variaron de 3.46 kW hasta 151.09kW, mientras que sus potencias nominales variaron de 3 kW hasta 149.14 kW. Los rangos reales variaron de 1.64kW a 0.08 kW.
- Las relación de potencias calculadas fueron de 0.888, 0.856, 0.780, 0.847 y 0.778. Con porcentajes de error que variaron de 4.05% a 11.03%
- Las medidas de ahorro de energía se deben centrar en capacitaciones e implementación de nuevas tecnologías como motores de alta eficiencia debido a que los motores cumplen con las condiciones de operación de temperatura según la norma del International Electrotechnical Comission y debido a que sus relación de potencias calculadas se encuentran próximas a las eficiencias de placa.
- Los datos obtenidos del estudio utilizando termografía y análisis térmico mostraron que la totalidad de los motores estudiados se encuentran dentro de especificación según la norma International Electrotechnical Comission.
- Las conexiones eléctricas de los motores 1 y 5 se encuentran con una probable deficiencia en el aspecto de diferencia de temperatura entre componentes similares bajo cargas similares al tener una variación de temperatura de 6 °C y 4°C respectivamente, según la norma International Electrical Testing Association, lo cual implica una desproporción de la distribución de carga.
- Las conexiones eléctricas del motor 3 y 5 se encuentras fuera de especificación debido a su temperatura superficial superior a 60°C, según la norma International Electrical Testing Association, lo cual crea pérdidas de energía térmica.
- La guía elaborada para el análisis de motores y conexiones eléctricas consta de selección de motor, medición de voltaje, corriente, temperatura de motores y sus conexiones eléctricas.

## B. PROPUESTA Y EJECUCIÓN DE UN PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA CONCIENTIZAR SOBRE EL USO EFICIENTE DE ENERGÍA AL PERSONAL DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE SACOS INDUSTRIALES

- El diagnóstico realizado se basó en la utilización de tres instrumentos: diario de campo, entrevista semi-estructurada y evaluación diagnóstica. Luego de analizar los resultados se demostró que el grupo de participantes tenía escaso dominio en el tema, nivel de escolaridad bajo y rango de edades mixtas. En cuanto a las ideas que pudieran tener sobre el tema de energía y su uso consciente, solo el 12.5% de los colaboradores tenía una idea básica o errónea acerca del tema.
- De acuerdo con el análisis diagnóstico, se elaboró propuso un programa de intervención por medio de una capacitación para reforzar las deficiencias encontradas en los conceptos y las malas prácticas en el uso del recurso energético. Para ellos se utilizó una muestra de cuarenta colaboradores para ejecutar la capacitación piloto. Cabe mencionar que la muestra no fue significativa y la sugerida, pues por temas de disponibilidad de tiempo, autorizaron ejecutar la capacitación con colaboradores de una misma área. En el apartado de metodología se puede consultar como se debió seleccionar la muestra.
- Posterior a realizar la capacitación piloto, se evaluó el nivel de aprendizaje de los colaboradores por medio de un cuestionario, teniendo como resultado que el 81.75% de los colaboradores incrementaron sus ideas básicas acerca de los conceptos en el tema de energía y su uso consciente. En los resultados se pueden apreciar las figuras donde se observa el comparativo de pre y post capacitación.
- Finalmente, se propuso un manual que contiene el programa de intervención utilizado en la capacitación piloto, con el fin de que la empresa pueda replicar la metodología e implementar el programa en su planificación anual. Es necesario tomar en cuenta que, por el nivel de escolaridad, fue necesario realizad dos módulos, cada módulo detalla el grupo al que se dirige. El manual completo se puede localizar en la página 138.

## X. RECOMENDACIONES

- Evaluar económicamente el cambio del motor 1 debido a la potencias que este requiere para funcionar.
- Realizar un monitoreo cada 4 meses de las temperaturas de motores y sus conexiones eléctricas, para evaluar su estado de operación
- Asignar la tarea de evaluación de potencia y temperatura de motores y conexiones eléctricas a personal de la empresa, o a practicantes que realicen estudios similares dentro de la planta.
- Llevar un historial de mantenimiento de motores y registrar las modificaciones de bobina que se le realicen, para determinar nuevas características de operación.
- Realizar un ajuste de terminales a las conexiones que presentaron temperaturas mayores a la especificación, para evitar falsos contactos.
- Se puede evaluar los equipos eléctricos de las líneas de extrusión de otros productos, para verificar su estado de operación y encontrar oportunidades de mejora en otras áreas de la planta.
- Evaluar un arranque escalonado en la línea de extrusión, para reducir los picos de potencia.
- Monitorear y analizar el estado fisicoquímico del aceite de la caja reductora del motor extrusor, para mejorar el rendimiento del mismo.
- Se debe realizar una inspección y mantenimiento preventivo/correctivo, al menos una vez cada seis meses a los sistemas eléctricos y a los motores de la línea de producción.
- Planificar las intervenciones de capacitación según el nivel de escolaridad, ya que es muy variado y de esta manera no se pierda la atención y el aprendizaje es significativo. Tomar en cuenta que los grupos de colaboradores, no deben ser mayores a cincuenta personas, ya que el espacio para capacitar es reducido y puede convertirse en una actividad tediosa en vez de que sea para aprendizaje.
- Implementar actividades interactivas al momento de capacitar, en vez de hacerlo magistral (exposición), pues no se logra la misma comprensión. Los canales de aprendizaje que tienen mejor funcionalidad tiene al momento de aprender son visual y kinestésico.
- Incluir en la planificación anual de capacitaciones de la empresa, temas de concientización, con talleres breves en donde se refuerce el tema para tener un mejor rendimiento en el uso de los recursos y mejorar las prácticas en las áreas de trabajo.
- Realizar después de cada intervención, un pequeño cuestionario que pueda evaluar la funcionalidad y desarrollo de la capacitación. De esta manera se puede obtener una retroalimentación que pueda identificar si se ha sido significativa la intervención. Para estos es necesario que la muestra sea elegida de manera significativa tomando en cuenta el universo con el que se trabaja.

- Motivar o incentivar a los colaboradores, dando una explicación del porqué de la capacitación, los contenidos y como podrán aplicarlo a su vida. Esto hará que los colaboradores valoren y le den importancia. Uno de los incentivos utilizados en nuestra intervención fue dar un pequeño refrigerio al terminar el proceso.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- AchEE, Agencia Chilena de Eficiencia Energética. 2011.  
<https://web.archive.org/web/20110903234101/http://www.acee.cl/576/propertyvalue-12850.html>  
[2019]
- AMM, Administrador del Mercado Mayorista. 2019. *Administrador del Mercado Mayorista*. Guatemala  
<https://www.amm.org.gt/portal/> [2019]
- Atehortua, M. A. 2007. *Sistematizar las prácticas, experiencias y proyectos educativos*.
- AVEN, Agencia Valenciana de la Energía. 2007. *Tipos de energías*.  
<http://www.aven.es/energia/renovables.html>. [2019]
- Azofra, M. J. 1999. *Cuestionarios*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociales.
- Bertalanffy, L. V. 1968. *Teoría General de los Sistemas*. México: Fondo de la Cultura Económico.
- Brandt, J. 1998. *Andragogía: Propuesta de autoeducación*. Venezuela: Los Teques.
- Cadena, F. 1987. *La sistematización como proceso, como product y como estructura de creación del saber*.  
Bogotá: Dimensión educativa, la sistematización en el trabajo de la educación popular.
- Canales, C. M. 2006. *Metodologías de la investigación social*. Santiago de Chile, Chile: LOM Ediciones.
- Castro, O. G. 2010. «Prevención de las fallas de los motores trifásicos de inducción mediante una adecuada selección». *Tecnología en Marcha*, pág. 78-93.
- Congreso de la República de Guatemala 1996. *Ley general de electricidad*. Guatemala.
- Chiavenato, I. 1999. *Administración de los Recursos Humanos*. Mc Graw Hill.
- Chiavenato, I. 2011. *Gestión del talento humano*. 3ª ed. México: Mc Graw Hill.
- Chesney, L. 2008. «La concientización de Paulo Freire». *Revista Historia de la Educación Colombiana*, (11):  
51- 72. <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/rhec/article/view/1032> [2019]
- Cordero, S. y Mordegliá, C. 2007. *Concepciones sobre energía de estudiantes de carreras universitarias no físicas*. Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el Campo de las Ciencias Exactas y Naturales. 1-9 págs.
- Dolan, S., Valle, R., Jackson, S. y Schuler, R. 2003. *La gestión de los recursos humanos*. 2ª ed. Madrid: Mc. Graw Hill.
- Duarte, L. Y., & Peña Rodríguez, E. O. 2011. *Principios básicos de la termografía infrarroja y su utilización como técnica para mantenimiento predictivo*. Monografía. Floridablanca: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Earley, M. W. 2016. *International Electrical Code Handbook*. United States of America: National Fire Protection Association.

- Espinoza, I. 2006. *Tipos de muestreo*. Honduras.
- Fluke. *Fluke*. <https://www.fluke.com/es-gt> [23 de septiembre 2019]
- Freire, P. 1973. *El mensaje de Paulo Freire*. Madrid: Marsiega.
- Freire, P. 1974. «Conscientization». *Cross Currents*, 24 (1): 23-28.
- García, M., Ibáñez, J., y Alvira, F. 1993. *La encuesta*. En M. García Ferrado, El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de Investigación. Madrid: Alianza Universidad Textos. (págs. 141-170).
- Gill, P. 2009. *Equipment Maintenance and Testing*. New York: CRC Press.
- Gomez-Exposito, A., J. Conejo, A., & Canizarez, C. 2017. *Electric Energy Systems: Analysis and Operation*. España: CRC Press.
- Gobierno de Guatemala, P. d. 1998. *Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista*. Guatemala.
- Gobierno de Guatemala, P. d. 1997. *Reglamento de la Ley General de Electricidad*. Guatemala.
- ICONTEC, I. c. 1998. Norma técnica colombiana 2050. *Código eléctrico colombiano*, 847 pág.
- Incyt, I. d. 2018. *Perfil energético de Guatemala*. Guatemala.
- InterNational Electrical Testing Association. 2011. *Standard for Maintenance Testing Specifications for Electrical Power Equipment and Systems*. Portage: American National Standard.
- International Energy Agency. 2018. <https://www.iea.org/geco/> [septiembre 2019]
- Ion Energy. 2018. *Facturación y Cargos Asociados*. Guatemala.
- Kesidou, S. y DUIT, R. 1993. *Students' conceptions of the Second Law of Thermodynamics- An Interpretative Study*. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (1): 85-106
- Kirschenbaum, J. M. 2011. *Polímeros*. Buenos Aires: Ministerio de educación Argentina.
- Kirkwood, G. y Kirkwood, C. 2011. *Living adult education*. Freire and Scotland. Rotterdam: Sense Publishers.
- MEM, M. d. 2018. *Plan de Expansión del Sistema de Generación y Transporte 2018-2032*. Guatemala.
- Moliner, María. 1998. *Diccionario del uso del español*. 2ª. ed. Herederos de María Moliner, Editorial Gredos, S.A.
- Morrow, R. y Torres, C. 2003. *Pedagogía crítica i canvi social transformador [Pedagogía crítica y cambio social transformador]*. Valencia: Denes.
- Pallarès, M. 2018. «Recordando a Freire en época de cambios: concientización y educación». *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20 (2): 126-136.
- Perry, R. H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Piaget, J. 1976. *Psicología y psicopedagogía*. Rio de Janeiro: Forense Universitaria.
- Pierón, M. 1998. *Investigación sobre la enseñanza de la Educación Física*. Almería, España: Instituto Andaluz del Deporte.

- Revista Virtual Universidad Católica del Norte. Mayo-agosto de 2011. Colombia, (33)  
<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>. [2019] ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias (B), Latindex, EBSCO Information Services, Redalyc, Dialnet, DOAJ, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) de la Universidad Autónoma de México.
- Rodríguez, G., Gil, J., y García, E. 1996. *Métodos de investigación cualitativa*. Málaga, Aljibe.
- Solbes, J. y Tarín, F. 1998. «Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía». *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3): 387-397
- Solomon, J. 1985. «Teaching the conservation of energy». *Physics Education*, (20): 165-176.
- Starlinger. 2019. *Starlinger-Tape Extrusion Line starEX 1600*.  
[https://www.starlinger.com/fileadmin/user\\_upload/01\\_Packaging/01\\_Extrusion/starEX\\_1600/FB\\_en/index.html](https://www.starlinger.com/fileadmin/user_upload/01_Packaging/01_Extrusion/starEX_1600/FB_en/index.html) [23 de septiembre de 2019]
- Talagante. 1984. *Informe final del seminario de sistematización de experiencias de educación popular y acción social*. Santiago de Chile: CIDE-FLASCO.
- Taylor, S. 1986. *Introducción a los Métodos Cualitativos de Investigación*. Paidós, Buenos Aires.
- USA wire & Cable. 2002. *Allowable Ampacities of Insulated Conductors Rated 0-2000 Volts*.  
<https://www.usawire-cable.com/pdfs/NEC%20AMPACITIES.pdf> [octubre de 2019]
- Van Goor, R., Heyting, F. y Vreeke, G. J. 2004. «Beyond foundations: signs of a new normativity in philosophy of education». *Educational Theory*, 54 (2): 173-192.
- WEG. 2016. *Motores Eléctricos Guía de Especificación*.  
<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h6e/h82/WEG-motores-electricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf> [septiembre de 2019]
- Young, H. D., & Freedman, R. A. 2009. *Física Universitaria con Física Moderna*. México: Pearson Education. vol 2.
- Zúñiga, R. 1990. *Sistematización para qué y para quién*. Lima, Perú



## XII. ANEXOS

### A. MÓDULO 1: GUÍA DE ANÁLISIS DE MOTORES ELÉCTRICOS Y SUS CONEXIONES ELÉCTRICAS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE RAFIA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE SACOS INDUSTRIALES

#### 1. Continuación resultados

Cuadro 25. Análisis térmico motor 1

Temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo ( $\pm 1$ )	Temperatura máxima interior del motor ( $\pm 2$ )	Diferencias de temperatura	Incertidumbre	Bajo especificación
150°C	69.2°C	80.8°C	$\pm 2.2$	Sí
147°C	66.4°C	80.6°C	$\pm 2.2$	Sí

- Temperatura máxima interior y temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo son datos calculados a partir de valores teóricos y de los datos obtenidos mediante herramientas de análisis térmico. Ver Figura 8 y Figura 9.
- Datos originales en Cuadro 36 y Figura 36
- Ver Cálculo 8, Cálculo 9, Cálculo 10 y Cálculo 20

Cuadro 26. Análisis térmico motor 3

Temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo ( $\pm 1$ )	Temperatura máxima interior del motor ( $\pm 2$ )	Diferencias de temperatura	Incertidumbre	Bajo especificación
130°C	72.1°C	57.9°C	$\pm 2.2$	Sí
127°C	72.6°C	54.4°C	$\pm 2.2$	Sí

- Temperatura máxima interior y temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo son datos calculados a partir de valores teóricos y de los datos obtenidos mediante herramientas de análisis térmico. Ver Figura 8 y Figura 9.
- Datos originales en Cuadro 38 y Figura 38
- Ver Cálculo 8, Cálculo 9, Cálculo 10 y Cálculo 20

Cuadro 27. Análisis térmico motor 4

Temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo ( $\pm 1$ )	Temperatura máxima interior del motor ( $\pm 2$ )	Diferencias de temperatura	Incertidumbre	Bajo especificación
105°C	95.1°C	9.9°C	$\pm 2.2$	Sí
102°C	92.3°C	9.7°C	$\pm 2.2$	Sí

- Temperatura máxima interior y temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo son datos calculados a partir de valores teóricos y de los datos obtenidos mediante herramientas de análisis térmico. Ver Figura 8 y Figura 9.
- Datos originales en Cuadro 39 y Figura 39
- Ver Cálculo 8, Cálculo 9, Cálculo 10 y Cálculo 20

Cuadro 28. Análisis térmico motor 5

Temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo ( $\pm 1$ )	Temperatura máxima interior del motor ( $\pm 2$ )	Diferencias de temperatura	Incertidumbre	Bajo especificación
130°C	61.0°C	69.0°C	$\pm 2.2$	Sí
127°C	68.8°C	66.2°C	$\pm 2.2$	Sí

- Temperatura máxima interior y temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo son datos calculados a partir de valores teóricos y de los datos obtenidos mediante herramientas de análisis térmico. Ver Figura 8 y Figura 9.
- Datos originales en Cuadro 40 y Figura 40
- Ver Cálculo 8, Cálculo 9, Cálculo 10 y Cálculo 20

## 2. Datos originales

Cuadro 29. Potencias suministradas a la línea de producción

Motor	Potencia suministrada a la línea kW
1	134.23
2	11.25
3	2.70
4	11.25
5	2.70

- Dato proporcionado por la empresa, el cual es determinado por la configuración de operación del la línea de producción.

Cuadro 30. Datos adicionales de motores

No.	Motor	Aislante	Diametro del cable(AWG)	Fases	Tipo de eficiencia
1	Baldor IDDRFH282004	H	3.264 mm (3/0)	3	---
2	Lenze W22	F	3.264 mm (3/0)	3	IE2
3	Lenze 3-Mot EN60034	F	10.40 mm (8)	3	IE2
4	Lenze W22	F	3.264 mm (3/0)	3	IE2
5	Lenze 3-Mot EN60034	F	10.40 mm (8)	3	IE2

- Se muestra el tipo de aislante del devanador del motor.
- El tipo de eficiencia es la clasificación de la marca utilizada.
- El valor de AWG fue proporcionado por la empresa
- El cable (3/0) se le puede encontrar como  $95.0 \text{ mm}^2$  en sistema internacional
- El cable (8) se le pueden encontrar como  $10.0 \text{ mm}^2$  en sistema internacional

Cuadro 31. Mediciones de corriente y tensión motor 1

F1 (A)	F2 (A)	F3 (A)	V
213.6	216.6	217.9	440
216.5	217.7	213.5	440
216.3	215.6	217.9	440
213.5	214.1	216.5	440
216.9	212.7	213.2	440

- Mediciones por medio de multímetro.

Cuadro 32. Mediciones de corriente y tensión motor 2

F1 (A)	F2 (A)	F3 (A)	V
19.3	19.3	18.3	440
18.1	18.8	19.3	440
18.4	18.8	19.4	440
18.6	19.5	18.9	440
18.0	18.5	18.0	440

- Mediciones por medio de multímetro.

Cuadro 33. Mediciones de corriente y tensión motor 3

F1 (A)	F2 (A)	F3 (A)	V
10.4	9.7	9.9	220
10.2	9.7	9.6	220
10.1	9.6	9.8	220
9.9	9.6	10.0	220
9.8	10	9.8	220

- Mediciones por medio de multímetro.

Cuadro 34. Mediciones de corriente y tensión motor 4

F1 (A)	F2 (A)	F3 (A)	V
18.5	18.2	19.0	440
19.2	18.8	18.5	440
19.5	18.8	18.2	440
18.9	18.9	19.6	440
19.2	19.4	19.4	440

- Mediciones por medio de multímetro.

Cuadro 35. Mediciones de corriente y tensión motor 5

F1 (A)	F2 (A)	F3 (A)	V
10.2	9.5	9.9	220
9.8	9.6	9.8	220
9.9	9.7	10.3	220
10.3	9.4	10.2	220
9.8	9.9	10.1	220

- Mediciones por medio de multímetro.

Cuadro 36. Temperaturas motor 1

Aislante	$\Delta T$	Temperatura máxima total	Temperatura ambiente máxima posible	Temperatura ambiente	Regla gruesa de adición de temperatura	Temperatura superficie
H	125°C	180 °C	40 °C	25 °C	15 °C	54.2 °C
H	125°C	180 °C	40 °C	22 °C	15 °C	51.4 °C

- Se utilizó el valor de regla gruesa descrito en la página 20 del marco teórico

Cuadro 37. Temperaturas motor 2

Aislante	$\Delta T$	Temperatura máxima total	Temperatura ambiente máxima posible	Temperatura ambiente	Regla gruesa de adición de temperatura	Temperatura superficie
F	80 °C	120 °C	40 °C	25 °C	10 °C	71.7 °C
F	80 °C	120 °C	40 °C	22 °C	10 °C	73.6 °C

- En lugar de los 15°C de regla gruesa se utilizó 10°C por especificaciones del fabricante, Figura 9.
- El valor de  $\Delta T$  se obtuvo de la placa del motor

Cuadro 38. Temperaturas motor 3

Aislante	$\Delta T$	Temperatura máxima total	Temperatura ambiente máxima posible	Temperatura ambiente	Regla gruesa de adición de temperatura	Temperatura superficie
F	105°C	145 °C	40 °C	25 °C	15 °C	57.1 °C
F	105°C	145 °C	40 °C	22 °C	15 °C	57.6 °C

- Se utilizó el valor de regla gruesa descrito la página 20 del marco teórico

Cuadro 39. Temperaturas motor 4

Aislante	$\Delta T$	Temperatura máxima total	Temperatura ambiente máxima posible	Temperatura ambiente	Regla gruesa de adición de temperatura	Temperatura superficie
F	80 °C	120 °C	40 °C	25 °C	10 °C	85.1 °C
F	80 °C	120 °C	40 °C	22 °C	10 °C	82.3 °C

- En lugar de los 15°C de regla gruesa se utilizó 10°C por especificaciones del fabricante, Figura 9.
- El valor de  $\Delta T$  se obtuvo de la placa del motor

Cuadro 40. Temperaturas motor 5

Aislante	$\Delta T$	Temperatura máxima total	Temperatura ambiente máxima posible	Temperatura ambiente	Regla gruesa de adición de temperatura	Temperatura superficie
F	105°C	145 °C	40 °C	25 °C	15 °C	46.0 °C
F	105°C	145 °C	40 °C	22 °C	15 °C	45.8 °C

- Se utilizó el valor de regla gruesa descrito en la página 20 del marco teórico

Cuadro 41. Temperaturas de conexiones motor 1

Fase A	Fase B	Fase C
48.1	41.7	43.6
45.4	40.7	42.9
43.4	40.2	44.4

- Datos en °C realizados en triplicado. Las letras identifica cada una de las conexiones eléctricas.

Cuadro 42. Temperaturas de conexiones motor 2

Fase A	Fase B	Fase C
38.3	36.1	37.4
37.9	36.9	36.3
38.1	35.4	36.2

- Datos en °C realizados en triplicado. Las letras identifica cada una de las conexiones eléctricas.

Cuadro 43. Temperaturas de conexiones motor 3

Fase A	Fase B	Fase C
66.5	66.2	64.3
64.2	62.8	61.3
63.2	65.1	62.4

- Datos en °C realizados en triplicado. Las letras identifica cada una de las conexiones eléctricas.

Cuadro 44. Temperaturas de conexiones motor 4

Fase A	Fase B	Fase C
35.2	35.9	33.8
32.1	32.9	31.0
32.9	31.3	29.9

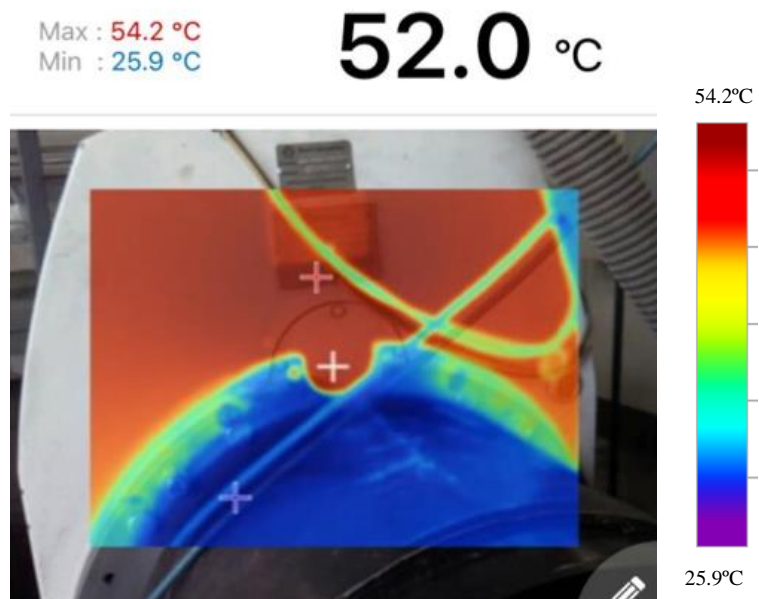
- Datos en °C realizados en triplicado. Las letras identifica cada una de las conexiones eléctricas.

Cuadro 45. Temperaturas de conexiones motor 5

Fase A	Fase B	Fase C
65.5	63.6	60.6
59.4	62.6	58.7
61.7	64.2	65.8

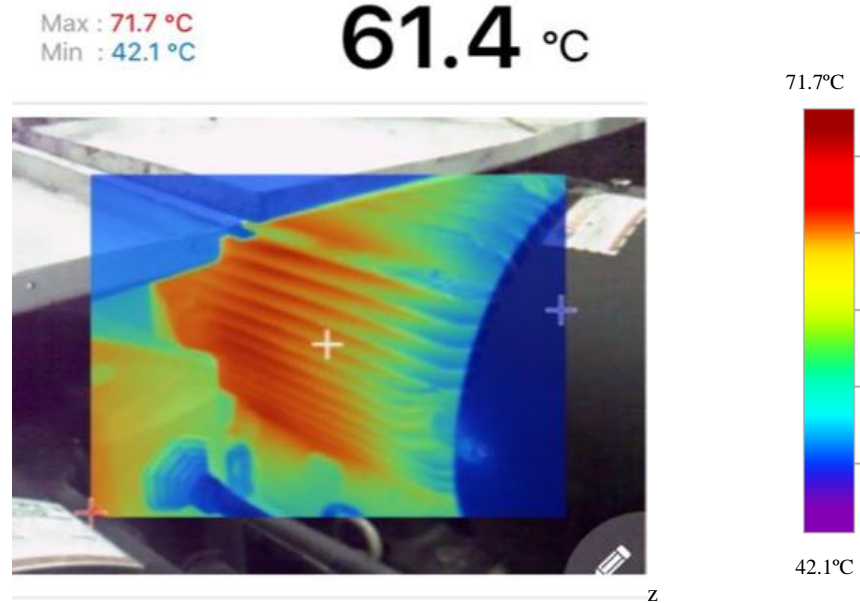
- Datos en °C realizados en triplicado. Las letras identifica cada una de las conexiones eléctricas.

Figura 36. Termografía motor 1



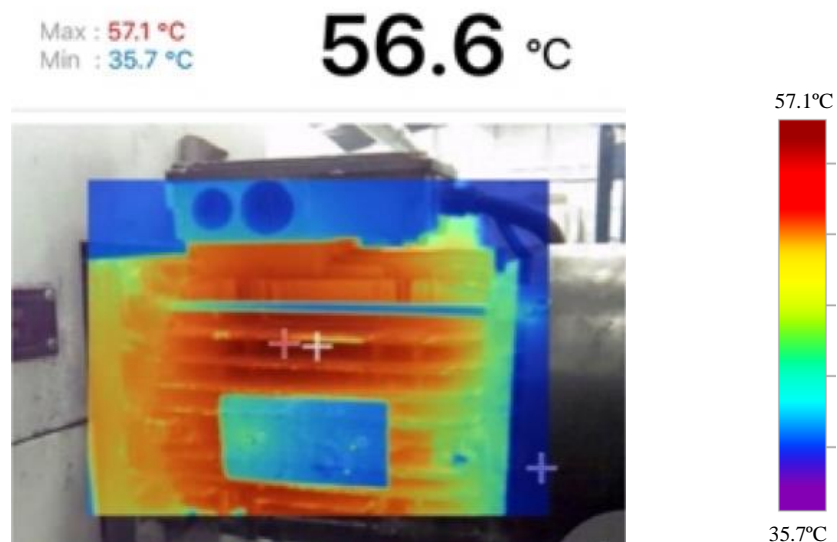
- La termografía muestra de forma visual las diferencias de temperaturas en el motor 1.
- Se utilizó la cámara termo gráfica Fluke TiS65

Figura 37. Termografía motor 2



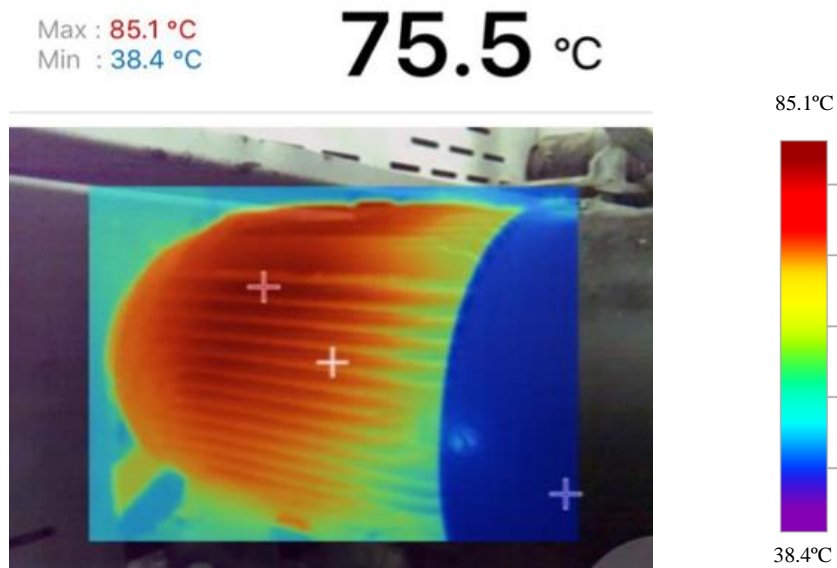
- La termografía muestra de forma visual las diferencias de temperaturas en el motor 2.
- Se utilizó la cámara termo gráfica Fluke TiS65

Figura 38. Termografía motor 3



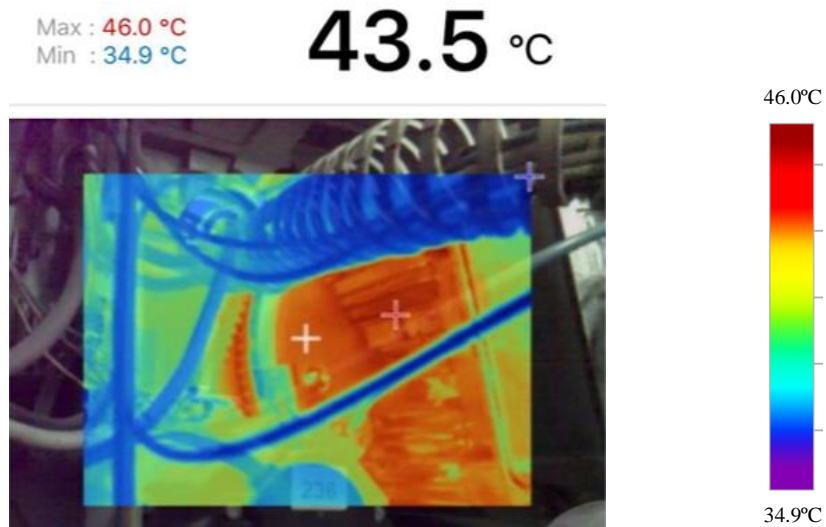
- La termografía muestra de forma visual las diferencias de temperaturas en el motor 3 y su rango
- Se utilizó la cámara termo gráfica Fluke TiS65

Figura 39. Termografía motor 4



- La termografía muestra de forma visual las diferencias de temperaturas en el motor 4 y su rango
- Se utilizó la cámara termo gráfica Fluke TiS65

Figura 40. Termografía motor 5



- La termografía muestra de forma visual las diferencias de temperaturas en el motor 5 y su rango
- Se utilizó la cámara termo gráfica Fluke TiS65

Figura 41. Termografía conexión eléctrica motor 1 previo a mantenimiento

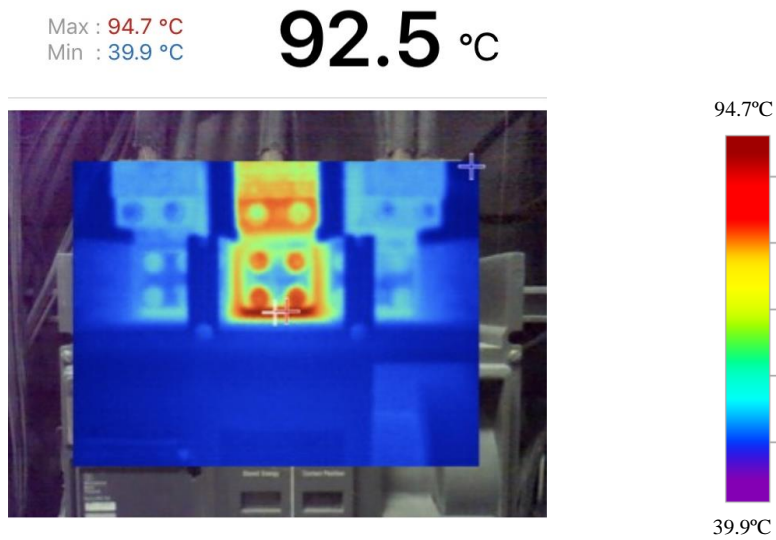
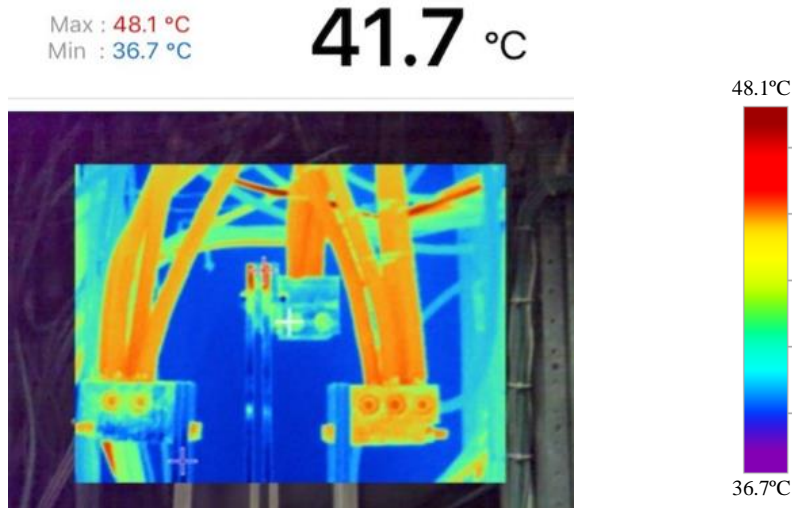
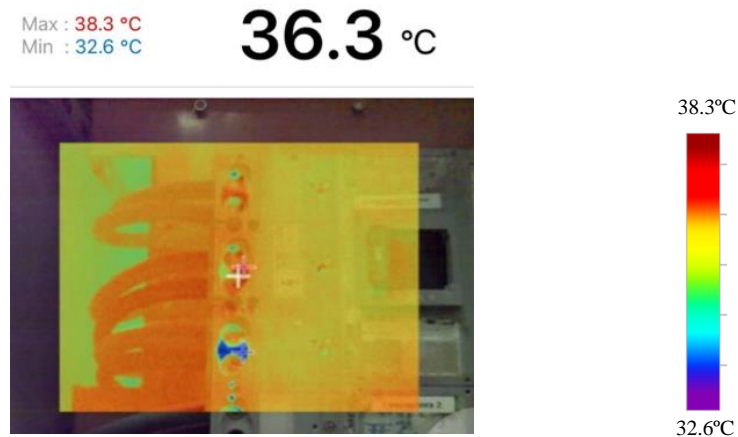


Figura 42. Termografía conexión eléctrica motor 1



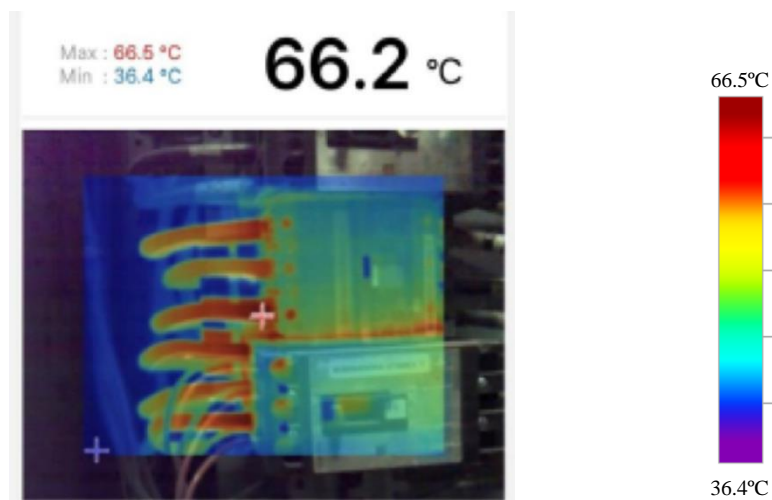
- Termografía muestra diferencia de temperaturas en escala de colores, de mas cálido a frío representado mayor temperatura a menor.
- Se puede apreciar visualmente la diferencia de colores de las conexiones, lo cual indica diferencia de temperatura
- Se utilizó la cámara termo gráfica Fluke TiS65

Figura 43. Termografía conexión eléctrica motores 2 y 4



- Termografía muestra diferencia de temperaturas en escala de colores, de mas cálido a frío representado mayor temperatura a menor.
- El breaker del motor 2 y 3 se encuentran continuos.
- La imagen muestra ambas conexiones eléctricas.
- Se utilizó la cámara termo gráfica Fluke TiS65

Figura 44. Termografía conexión motores 3 y 5



- Termografía muestra diferencia de temperaturas en escala de colores, de mas cálido a frío representado mayor temperatura a menor.
- El breaker del motor 3 y 5 se encuentran continuos.
- La imagen muestra ambas conexiones eléctricas.
- Se utilizó la cámara termo gráfica Fluke TiS65

### 3. Cálculo de muestra

Cálculo 1: Merma en balance de masa

$$519.43 \frac{kg}{h} * 2.8\% = 14.54 \frac{kg}{h} \text{ de merma}$$

- Se utilizó el flujo de material de la maquina StarEx 1500 en la línea de producción de hilo rafia
- El porcentaje de merma fue proporcionado por la empresa

Cálculo 2: Potencia ejercida por el motor en balance de energía

$$13.14 kWh * 0.856 = 11.25 kWh$$

- Se utilizó la relación de potencias calculada
- Ser repitió este cálculo para los demás motores

Cálculo 3: Promedio de fases de corriente en motor

$$\frac{19.3 A + 19.3 A + 18.3 A}{3} = 18.97 A$$

- Este cálculo se repitió para todos los juegos de datos de cada uno de los motores. Ver Cuadro 31, hasta Cuadro 35.
- El valor de los promedio fue ingresado directamente en las ecuaciones de potencia suministrada al motor.

Cálculo 4: Potencia suministrada al motor por corrida realizada

$$\frac{\sqrt{3} * 18.97 A * 440 V * 0.92}{1000} = 13.30 kW$$

- Se utilizó la ecuación de cálculo de potencia eléctrica presente en el marco teórico.
- La raíz de tres se utiliza por ser un motor trifásico.
- El valor de 0.92 es el factor de potencia de la planta, este factor fue proporcionado por la empresa en la cual se realizó el estudio.
- Se repitió este cálculo para todas las series de datos de cada uno de los motores.

Cálculo 5: Promedio de potencia suministrada al motor

$$\frac{13.30 kW + 13.13 kW + 13.23 kW + 13.32 kW + 12.74 kW}{5} = 13.14 kW$$

- Se repitió este cálculo para cada juego de datos y cada tipo de motor.
- Ver cuadro Cuadro 47, Cuadro 48, Cuadro 49, Cuadro 50 y Cuadro 46

Cálculo 6: Relación de potencias calculada del motor

$$\frac{11.25 \text{ kW}}{13.14 \text{ kW}} = 0.856$$

- Se repitió este cálculo para cada serie de datos.
- El valor utilizado como potencia mecánica del motor, es el valor a la cual opera el motor en la línea de producción, este valor fue proporcionado por la empresa.
- Ver cuadro Cuadro 6 y Cuadro 7

Cálculo 7: Rango de potencia real en motor

$$13.32 \text{ kW} - 12.74 \text{ kW} = 0.58 \text{ kW}$$

- Como valor superior del rango real se utilizó la mayor potencia calculada en la serie de datos.
- Como valor inferior del rango real se utilizó la menor potencia calculada en la serie de datos.
- Se repitió este cálculo para las demás series de datos.
- Ver cuadro Cuadro 47, Cuadro 48, Cuadro 49, Cuadro 50 y Cuadro 46
- 

Cálculo 8: Temperatura máxima permitida en condiciones de trabajo

$$80^{\circ}\text{C} + 25^{\circ}\text{C} = 105^{\circ}\text{C}$$

- El delta de temperatura se obtiene del tipo de aislante del motor, los valores se encuentran en marco teórico. Figura 9
- La temperatura ambiente fue medida con termómetro en la planta.
- El valor representa la máxima temperatura a la cual puede funcionar el motor bajo su especificación.
- Ver Cuadro 37, Cuadro 38, Cuadro 39, Cuadro 40 y Cuadro 36

Cálculo 9: Temperatura máxima interior

$$71.7^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C} = 81.7^{\circ}\text{C}$$

- La temperatura superficial fue medida con un instrumento de análisis térmico.
- La regla gruesa indica que la temperatura interior del motor es 15°C mayor a la del exterior. Para motores WEG el manual indica que es de 10 °C.
- Ver Cuadro 37, Cuadro 38, Cuadro 39, Cuadro 40 y Cuadro 36

Cálculo 10: Criterio de especificación de la temperatura del devanador

$$105^{\circ}\text{C} - 81.7 = 23.3^{\circ}\text{C}$$

- Es la diferencia entre la máxima temperatura permitida para las condiciones de trabajo y la temperatura interior.
- Ver Figura 9
- Si el valor es mayor a cero el motor se encuentra dentro de los parámetros normales de especificación.

Cálculo 11: Delta de temperatura entre conexiones eléctricas bajo condiciones similares

$$48.1^{\circ}\text{C} - 41.7^{\circ}\text{C} = 6.4^{\circ}\text{C}$$

$$6.4^{\circ}\text{C} \approx 6^{\circ}\text{C}$$

- Se utilizó el criterio de cambio de temperatura bajo cargas similares. Cuadro 1
- El valor menor representa la temperatura máxima, de la línea más fría de las conexiones eléctricas.
- Se redondea el valor final obtenido para fines del criterio.
- Si el valor es mayor a 3°C se tiene una deficiencia.
- Se repitió este cálculo para las demás series de datos.

Cálculo 12: Criterio de temperatura de conexión eléctrica

$$48.1^{\circ}\text{C} < 75^{\circ}\text{C} \Rightarrow \text{bajo especificación}$$

- El valor mayor representa la máxima temperatura obtenida en las conexiones eléctricas. Si este valor supera lo especificado, 75°C para un diámetro de 10.40mm (AWG 3/0) y 60°C para diámetro de 3.264 mm (AWG 8), los cables se encuentran fuera de especificación.
- Ver Cuadro 41 hasta Cuadro 45
- Ver Sistema de clasificación de temperatura en página 24 y Cuadro 57.

#### 4. Análisis de error

Cálculo 13: Porcentaje de error entre eficiencia de placa y relación de potencias

$$\frac{|0.856 - 0.892|}{0.892} * 100\% = 4.05\%$$

- Como valor teórico se utilizó el dato de placa de eficiencia.
- Se repitió este cálculo para la demás series de datos.
- Ver Cuadro 9

Cálculo 14: Desviación estándar muestral

$$\sqrt{\frac{(13.30 - 13.14)^2 + (13.13 - 13.14)^2 + (13.23 - 13.14)^2 + (13.32 - 13.14)^2 + (12.74 - 13.14)^2}{5 - 1}} = 0.239$$

- Se repitió este cálculo para todas las series de datos en los motores.
- La muestra utilizada fue de n=5.
- Ver Cuadro 47, Cuadro 48, Cuadro 49, Cuadro 50 y Cuadro 46

Cálculo 15: Intervalos de confianza del rango de potencia suministrada

$$2.776 * \frac{0.239}{\sqrt{5}} = 0.30$$

- Se utilizo el intervalo de confianza de t-student.
- El valor t-student utilizado es de 2.776 para cuatro grados de libertad.
- Se repitió este cálculo para los demás rangos de motores.

Cálculo 16: Propagación de error por adición en voltajes

$$\sqrt{0.1^2 + 0.1^2 + 0.1^2} = 0.173$$

- Se repitió este cálculo para las demás series de datos.
- Para el cálculo se utilizó la incertidumbre del multímetro.

Cálculo 17: Propagación de error en el promedio de voltaje

$$18.97 * \sqrt{\left(\frac{0.173}{56.9}\right)^2} = 0.058$$

- Se repitió este cálculo para las demás serie de datos.

Cálculo 18: Propagación de error por multiplicación en potencia suministrada al motor

$$13.30 * \sqrt{\left(\frac{0.1}{440}\right)^2 + \left(\frac{0.058}{18.97}\right)^2} = 0.041$$

- Se utilizó la incertidumbre del multímetro para el cálculo y la incertidumbre del promedio
- Se repitió este cálculo para las demás series de datos.

Cálculo 19: Incertidumbre potencia suministrada por el motor

$$\sqrt{0.041^2 + 0.041^2 + 0.041^2 + 0.041^2 + 0.041^2} = 0.091$$

$$13.14 * \sqrt{\left(\frac{0.091}{65.72}\right)^2} = 0.02$$

- Se repitió este cálculo para las demás series de datos.
- Este valor representa la incertidumbre del promedio de la potencia suministrada al motor

Cálculo 20: Propagación de error temperatura de motores

$$\sqrt{1^2 + 2^2} = 2.2$$

- Se repitió este cálculo para las demás series de datos.
- Este valor representa el la diferencia que puede existir con el valor presentado.
- Los valores de incertidumbre provienen de los instrumentos de medición utilizados.

Cálculo 21: Desviación estándar muestral temperaturas de conexiones eléctricas

$$\frac{48.1 + 41.7 + 43.6}{3} = 44.5^\circ\text{C}$$

$$\sqrt{\frac{(48.1 - 44.5)^2 + (41.7 - 44.5)^2 + (43.6 - 44.5)^2}{3 - 1}} = 3.3$$

- Este valor representa cuanto varían los datos en relación a la media.
- Se repitió este calculo para las demás series de datos.
- Ver Cuadro 41 hasta Cuadro 45

## 5. Datos calculados

Cuadro 46. Potencias motor 1

Corrida	Potencia kW	Incertidumbre
1	151.47	0.05
2	151.37	0.05
2	151.87	0.05
3	150.53	0.05
5	150.23	0.05

- Se utilizó un factor de potencia de 0.92 para el cálculo.
- Se calculo mediante el Cálculo 4

Cuadro 47. Potencias motor 2

Corrida	Potencia kW	Incertidumbre
1	13.30	0.04
2	13.13	0.04
2	13.23	0.04
3	13.32	0.04
5	12.74	0.04

- Se utilizó un factor de potencia de 0.92 para el cálculo.
- Se calculo mediante el Cálculo 4

Cuadro 48. Potencias motor 3

Corrida	Potencia kW	Incertidumbre
1	3.51	0.02
2	3.45	0.02
2	3.45	0.02
3	3.45	0.02
5	3.46	0.02

- Se utilizó un factor de potencia de 0.92 para el cálculo.
- Se calculo mediante el Cálculo 4

Cuadro 49. Potencias motor 4

Corrida	Potencia kW	Incertidumbre
1	13.02	0.04
2	13.20	0.04
2	13.20	0.04
3	13.42	0.04
5	13.56	0.04

- Se utilizó un factor de potencia de 0.92 para el cálculo.
- Se calculo mediante el Cálculo 4

Cuadro 50. Potencias motor 5

Corrida	Potencia kW	Incertidumbre
1	3.46	0.02
2	3.41	0.02
2	3.49	0.02
3	3.49	0.02
5	3.48	0.02

- Se utilizó un factor de potencia de 0.92 para el cálculo.
- Se calculo mediante el Cálculo 4

Cuadro 51. Diferencia de temperaturas conexiones de eléctricas motor 1

$\Delta T$	Desviación estandar
5	2.4
4	2.2

- Datos de corridas con valores más bajos de temperatura máximas. El dato con la temperatura más alta se presentó en resultados
- Datos obtenidos del Cálculo 11

Cuadro 52. Diferencia de temperaturas de conexiones eléctricas motor 2

$\Delta T$	Desviación estandar
2	0.8
3	1.4

- Datos de corridas con valores más bajos de temperatura máximas. El dato con la temperatura más alta se presentó en resultados
- Datos obtenidos del Cálculo 11

Cuadro 53. Diferencia de temperaturas de conexiones eléctricas motor 3

$\Delta T$	Desviación estandar
3	1.5
3	1.4

- Datos de corridas con valores más bajos de temperatura máximas. El dato con la temperatura más alta se presentó en resultados
- Datos obtenidos del Cálculo 11

Cuadro 54. Diferencia de temperaturas de conexiones eléctricas motor 4

$\Delta T$	Desviación estandar
2	1.0
3	1.5

- Datos de corridas con valores más bajos de temperatura máximas. El dato con la temperatura más alta se presentó en resultados
- Datos obtenidos del Cálculo 11

Cuadro 55. Diferencia de temperaturas de conexiones eléctricas motor 5

$\Delta T$	Desviación estandar
5	2.5
4	2.1

- Datos de corridas con valores más bajos de temperatura máximas. El dato con la temperatura más alta se presentó en resultados
- Datos obtenidos del Cálculo 11

6. Placas de motores

Figura 45. Placa motor 1



- Datos fueron complementados con manuales del proveedor

Figura 46. Detalle de motor Baldor

**BALDOR RELIANCE** Product Information Packet: IDDRPM282004 - 200HP,1760RPM,3PH,NAHZ,RL2898,DPG-FV,FT

Part Detail			
Model Number:	IDDRPM282004	Environment:	
Voltage:	460	HP:	200
RPM:	1760/2700	Efficiency:	
Phase:	3	Frequency:	N/A
Inverter Duty:	Y	Enclosure:	DPG-FV
Frame Group:	280	Frame Size:	RL2898
Features:	RPM AC	Mounting:	Foot Mounted
Service Factor:	1	Enclosure Group:	DPG-FV
Weight:	0	Price Symbol:	
Speed Range:		Insulation Class:	H
Nema Design:		Encl. Enhancement:	
Catalog Page:		Dimension Sheet:	617249-1
Connection Diagram:	422927-1	Electric Design:	L1642A
Single HP:	200	Get Notes:	
Revision:		Instruction Manual:	
Application:	Variable Speed-V*S	Epact:	X
Scaled Drawing:		Obsolete:	N
Last Data Source:	RGG,MADD	Bearing Type:	
Electrical Type:		Mounting Pos.:	
Ambient:	40	Duty:	
Amps:		Nominal Eff.:	
Kva Code:		Power Factor:	
Poles:	00	Literature:	

Figura 47. Diagrama de motor Baldor

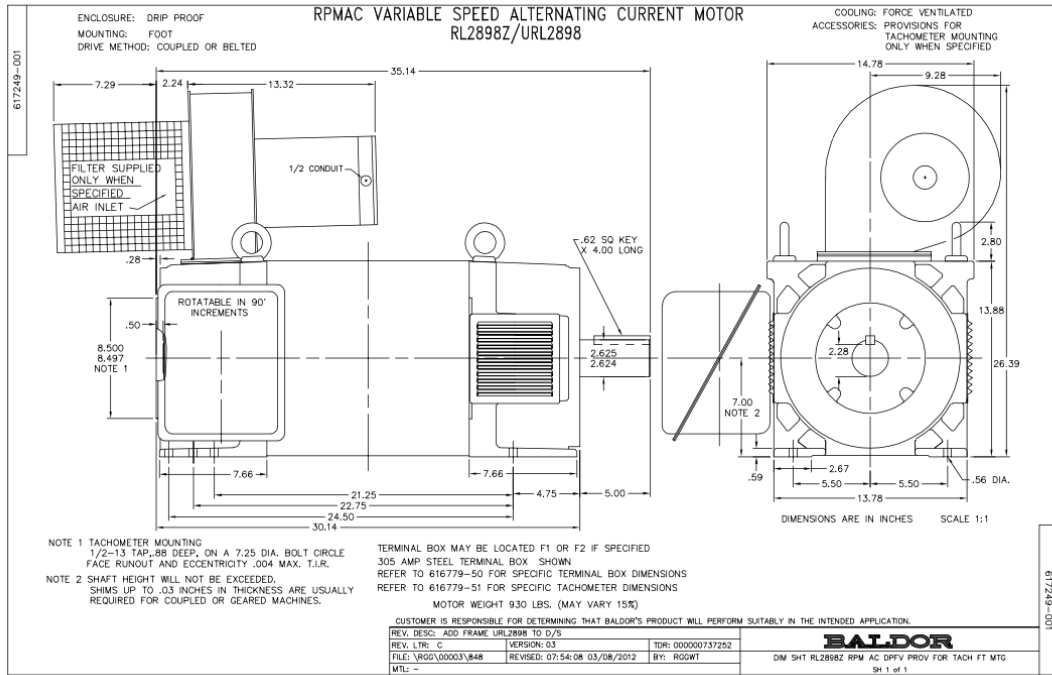
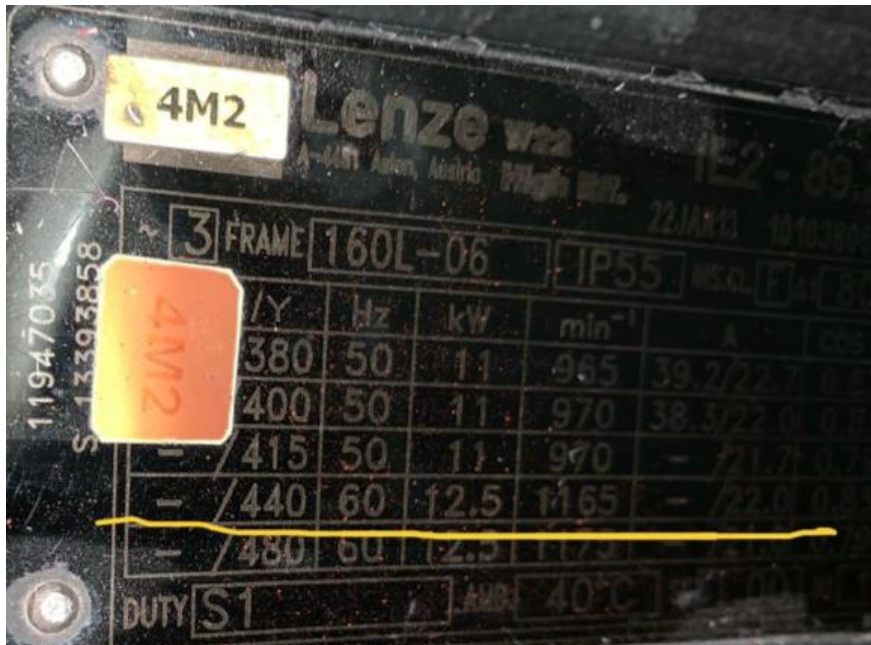


Figura 48. Placa motores 2 y 4



- Motor WEG Lenze W22, la marca WEG se encuentra debajo de “4M2”

Figura 49. Eficiencias de motores W22 según número de polos y potencia

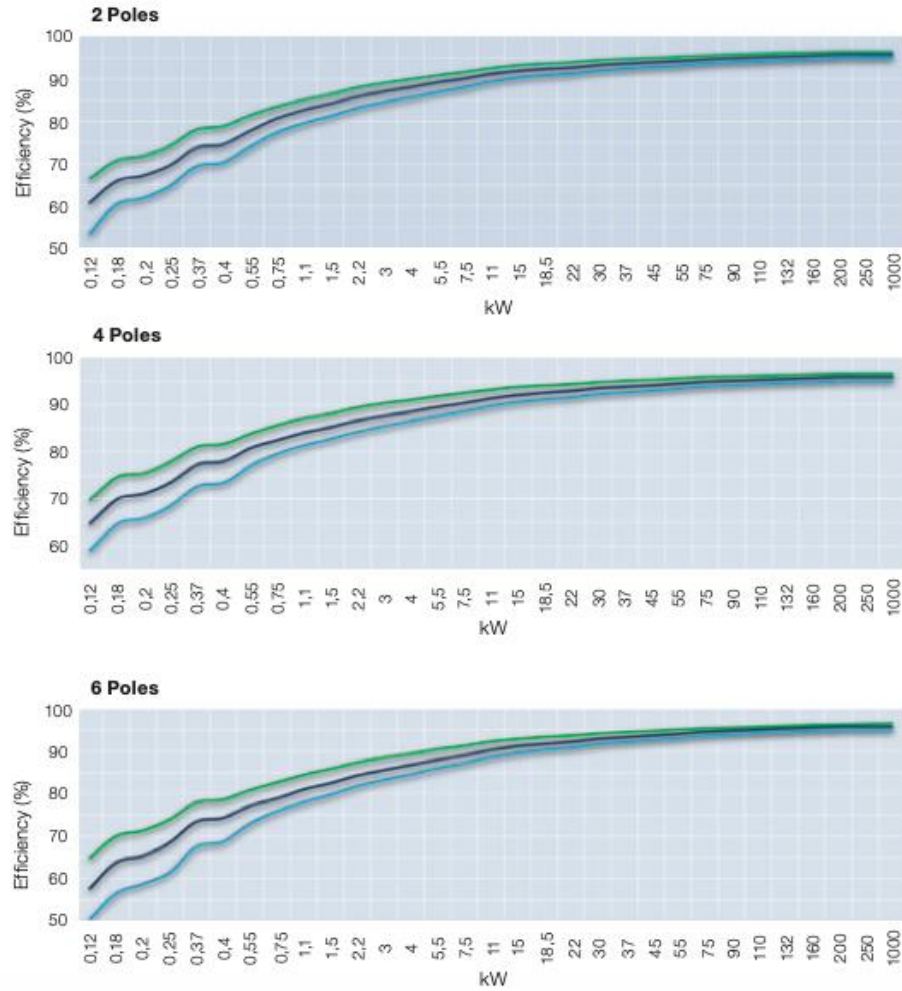


Figura 50. Datos de motores catálogo W22

### W22 - IE2 High Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I <sub>L</sub> /I <sub>n</sub>	Par con rotor trabado T <sub>L</sub> /T <sub>n</sub>	Par máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	220 V							
								Caliente	Frio			RPM	% de la potencia nominal			Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)			
													Rendimiento		Factor de potencia				
kW	HP											50	75	100	50	75	100		
<b>IV Polos</b>																			
0,12	0,16	63	0,068	4,6	2,5	3,1	0,0004	37	81	6,2	48	1715	53,0	60,0	64,0	0,44	0,55	0,64	0,769
0,18	0,25	63	0,103	4,7	2,4	2,9	0,0006	30	66	7,2	48	1705	57,0	64,0	68,0	0,47	0,59	0,68	1,02
0,25	0,33	63	0,143	5,0	2,6	3	0,0007	25	55	8,2	48	1705	62,0	68,0	70,0	0,47	0,60	0,69	1,36
0,37	0,5	71	0,215	4,6	2,4	2,5	0,0007	35	77	8,0	47	1680	68,0	71,0	72,0	0,50	0,63	0,72	1,87
0,55	0,75	71	0,319	5,1	2,9	2,9	0,0008	31	68	11,5	47	1680	71,0	74,5	75,5	0,50	0,63	0,72	2,66
0,75	1	80	0,425	7,3	2,8	3	0,0029	16	35	13,5	48	1720	79,0	82,0	82,6	0,61	0,72	0,80	2,98
1,1	1,5	90S	0,612	7,5	2,2	3	0,0049	16	35	18,5	51	1750	81,0	83,5	84,0	0,57	0,70	0,78	4,40
1,5	2	90S	0,835	7,1	2,2	3	0,0049	11	24	18,5	51	1750	81,0	83,5	84,2	0,57	0,70	0,78	6,00
2,2	3	L9DL	1,22	7,4	2,9	3,1	0,0077	11	24	25,0	51	1750	86,0	86,5	87,5	0,61	0,74	0,81	8,14
3	4	100L	1,70	6,7	2,8	3	0,0096	16	35	33,0	54	1720	86,4	87,2	87,5	0,61	0,74	0,81	11,1
3,7	5	100L	2,08	8,0	3	3,6	0,0104	11	24	34,0	54	1735	85,0	87,0	88,0	0,59	0,72	0,80	13,8
4,5	6	112M	2,52	6,2	2,1	2,8	0,0155	19	42	42,0	56	1740	88,0	88,5	88,5	0,62	0,74	0,81	16,5
5,5	7,5	112M	3,08	6,3	2,1	2,7	0,0180	15	33	44,0	56	1740	88,4	89,1	90,0	0,59	0,72	0,79	20,4
7,5	10	132S	4,15	7,9	2	3,2	0,0489	12	26	68,0	58	1760	90,0	90,8	91,0	0,66	0,78	0,84	25,8
9,2	12,5	132M	5,09	8,0	2	3,1	0,0601	9	20	75,0	58	1760	90,0	90,8	91,0	0,67	0,79	0,84	31,6
11	15	132M/L	6,09	8,2	2,1	3,2	0,0638	8	18	80,0	58	1760	90,5	91,2	91,7	0,67	0,79	0,85	37,0
15	20	160M	8,23	7,1	2,7	3	0,1188	11	24	120	64	1775	91,0	92,4	92,4	0,64	0,75	0,81	52,6
18,5	25	160L	10,2	7,6	2,7	3	0,1397	10	22	135	64	1770	92,0	92,8	92,8	0,64	0,75	0,81	64,6
22	30	180M	12,1	6,8	2,6	2,9	0,1657	19	42	168	64	1765	92,5	92,8	93,0	0,70	0,79	0,84	74,0
30	40	200M	16,5	6,2	2	2,3	0,2406	18	40	195	66	1770	92,7	93,2	93,4	0,72	0,81	0,85	99,2
37	50	200L	20,4	6,2	2,5	2,6	0,3074	14	31	227	66	1770	93,0	93,2	93,6	0,72	0,80	0,85	122
45	60	225S/M	24,7	7,2	2,4	2,6	0,4931	12	26	367	67	1775	93,5	93,7	94,1	0,76	0,83	0,86	146
55	75	225S/M	30,2	7,2	2,4	2,6	0,5670	12	26	386	67	1775	93,9	94,2	94,4	0,77	0,84	0,87	176
75	100	250S/M	41,2	7,2	2,4	2,8	0,8740	12	26	470	68	1775	94,0	94,5	94,6	0,71	0,81	0,85	244
90	125	280S/M	49,1	7,2	2,1	2,6	1,56	20	44	636	73	1785	94,0	94,8	94,9	0,73	0,82	0,85	292
110	150	280S/M	60,2	7,3	2,1	2,6	1,87	18	40	684	73	1780	94,3	94,8	95,2	0,75	0,83	0,86	352
132	180	315S/M	71,8	7,1	2,1	2,4	2,57	18	40	903	75	1790	94,0	95,0	95,3	0,74	0,82	0,85	428
150	200	315S/M	81,6	7,0	2,2	2,3	2,89	20	44	947	75	1790	94,5	95,5	95,5	0,75	0,83	0,86	480
185	250	315S/M	101	7,0	2,2	2,3	3,44	18	40	1018	75	1790	95,0	95,5	95,7	0,77	0,84	0,87	584
200	270	355M/L	109	7,0	2,2	2,2	4,88	20	44	1291	78	1790	94,8	95,6	95,8	0,77	0,84	0,86	638
220	300	355M/L	120	7,2	2,2	2,3	5,42	23	51	1350	78	1790	95,2	95,8	95,9	0,77	0,84	0,86	700
260	350	355M/L	141	7,3	2	2,2	6,30	15	33	1431	78	1790	95,4	96,0	96,0	0,77	0,84	0,87	816
300	400	355M/L	163	7,0	2,4	2,3	7,20	14	31	1527	78	1790	95,7	96,1	96,1	0,77	0,84	0,87	942
330	450	355M/L	180	7,0	2,1	2,3	8,61	19	42	1662	78	1790	96,0	96,1	96,1	0,77	0,83	0,86	1050
370	500	355M/L	201	7,0	2,6	2,6	10,2	12	26	1833	78	1790	96,0	96,1	96,1	0,75	0,82	0,85	1190
400	550	355M/L	218	7,3	2,5	2,6	11,1	14	31	1916	78	1790	96,1	96,4	96,4	0,74	0,82	0,86	1270
440	600	355M/L	239	7,1	2,2	2,5	11,6	16	35	1966	78	1790	96,2	96,4	96,5	0,74	0,82	0,86	1430
480	650	355A/B <sup>1</sup>	261	7,4	2,5	2,7	12,7	22	48	1993	81	1790	96,0	96,5	96,6	0,71	0,81	0,85	1530
515	700	355A/B <sup>1</sup>	280	7,4	2,6	2,7	13,4	26	57	2079	81	1790	96,2	96,5	96,6	0,71	0,81	0,85	1650
560	750	355A/B <sup>1</sup>	305	7,6	2,7	2,7	14,6	22	48	2246	81	1790	96,3	96,6	96,7	0,70	0,80	0,85	1760
<b>High-output design</b>																			
2,2	3	100L	1,23	7,6	3,2	3,5	0,0082	19	42	30,0	54	1740	85,0	87,0	87,5	0,57	0,70	0,78	8,46
45	60	200L	24,8	6,3	2,1	2,5	0,3316	12	26	237	66	1770	93,0	93,6	93,6	0,67	0,78	0,83	152
75	100	225S/M	41,0	7,9	2,6	2,8	0,7101	8	18	424	67	1780	94,0	94,5	94,6	0,71	0,81	0,85	244
132	180	280S/M	72,0	7,2	2	2,4	2,18	15	33	729	73	1785	94,5	95,0	95,3	0,76	0,84	0,86	422
150	200	280S/M	81,8	7,7	2,3	2,6	2,49	15	33	776	73	1785	94,8	95,4	95,5	0,76	0,84	0,86	480
200	270	315S/M	109	7,0	2,3	2,4	3,76	20	44	1062	75	1790	94,8	95,4	95,7	0,74	0,82	0,85	646

Figura 51. Placa motores 3 y 5



- Datos fueron complementados con manuales del proveedor

Figura 52. Datos catálogo motores Lenze

**Rated data for 60 Hz**

**4-pole motors**

	$P_N$	$n_N$	$U_{N,\Delta}^{2)}$	$I_{N,\Delta}$	$U_{N,Y}$	$I_{N,Y}$	$I_2/I_N$
	[kW]	[r/min]	$\pm 10\%$	[A]	$\pm 10\%$	[A]	
MD0000063-12	0.12	1735	265	0.69	460	0.40	4.00
MD0000063-32	0.18	1695	265	0.80	460	0.46	3.60
MD0000063-42	0.25	1680	265	1.30	460	0.75	3.80
MD0000071-12	0.25	1680	265	1.10	460	0.65	3.30
MD0000071-32	0.37	1720	265	1.50	460	0.84	3.90
MD0000071-42	0.55	1720	265	2.10	460	1.20	4.10
MD0000080-12	0.55	1700	265	2.10	460	1.20	4.30
MD0000080-32	0.75	1720	265	2.90	460	1.70	5.60
MD0000080-42	1.10	1705	265	4.20	460	2.40	5.40
MD0000090-12	1.10	1700	265	4.20	460	2.40	4.50
MD0000090-32	1.50	1720	265	5.80	460	3.40	5.70
MD0000100-12	2.20	1745	265	8.10	460	4.70	6.90
MD0000100-32	3.00	1740	265	10.8	460	6.30	5.30
MD0000112-22	4.00	1755	265	14.1	460	8.20	6.90
MD0000132-12	5.50	1755	265 460 <sup>3)</sup>	17.5 10.1	460	10.1	4.50
MD0000132-22	7.50	1760	265 460 <sup>3)</sup>	25.7 14.8	460	14.8	6.50

Figura 53. Continuación datos catálogo motores Lenze

	$M_N$	$M_a$	$M_b$	$\cos \phi$	$\eta_{75\%}$	$\eta_{100\%}$	$J^{1)}$	$m^{1)}$
	[Nm]	[Nm]	[Nm]		[%]	[%]	[kgcm <sup>2</sup> ]	[kg]
MD□□□□063-12	0.66	2.25	2.64	0.55	58.0	63.0	3.30	4.10
MD□□□□063-32	1.00	2.21	2.56	0.68	65.0	66.0	3.30	4.10
MD□□□□063-42	1.40	3.71	4.20	0.60	64.0	66.0	3.70	4.40
MD□□□□071-12	1.40	2.80	2.80	0.73	67.0	68.0	8.30	5.80
MD□□□□071-32	2.05	4.40	5.80	0.74	74.0	75.0	10.7	5.80
MD□□□□071-42	3.05	7.00	9.00	0.73	76.0	77.0	12.8	6.40
MD□□□□080-12	3.10	6.20	6.55	0.78	76.0	79.0	16.9	10.0
MD□□□□080-32	4.16	10.3	12.2	0.78	78.0	78.0	26.0	11.0
MD□□□□080-42	6.16	15.5	18.5	0.78	79.0	80.0	26.0	11.0
MD□□□□090-12	6.18	14.0	14.5	0.75	78.0	79.0	23.2	12.0
MD□□□□090-32	8.33	22.0	27.0	0.73	79.0	81.0	28.4	15.0
MD□□□□100-12	12.0	33.0	43.0	0.71	83.0	85.0	61.0	24.0
MD□□□□100-32	16.5	38.0	48.0	0.73	84.0	85.0	61.0	24.0
MD□□□□112-22	21.8	57.0	89.0	0.72	85.0	87.0	107	31.0
MD□□□□132-12	29.9	85.0	103	0.74	87.0	88.0	188	56.0
MD□□□□132-22	40.7	83.0	137	0.75	88.0	89.0	336	66.0

Cuadro 56. Consumo energético de la línea estudiada

Mes	kWh
1	134,632.50
2	114,622.50
3	118,755.00

- Los datos de consumo mensual son estimaciones

Figura 54. Cámara termografía utilizada para el estudio



Figura 55. Nivel de eficiencias catálogo motores Weg

Output	IE1 - Standard Efficiency				IE2 - High Efficiency				IE3 - Premium Efficiency				IE4 - Super Premium Efficiency			
	Poles				Poles				Poles				Poles			
kW	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
0.12	45.0	50.0	38.3	31.0	53.6	59.1	50.6	39.8	60.8	64.8	57.7	50.7	66.5	69.8	64.9	62.3
0.18	52.8	57.0	45.5	38.0	60.4	64.7	56.6	45.9	65.9	69.9	63.9	58.7	70.8	74.7	70.1	67.2
0.20	54.6	58.5	47.6	39.7	61.9	65.9	58.8	47.4	67.2	71.1	65.4	60.6	71.9	75.5	71.4	68.4
0.25	58.2	61.5	52.1	43.4	64.8	68.5	61.6	50.6	69.7	73.5	68.6	64.1	74.3	77.9	74.1	70.8
0.37	63.9	66.0	59.7	49.7	69.5	72.7	67.6	56.1	73.8	77.3	73.5	69.3	78.1	81.1	78.0	74.3
0.40	64.9	66.8	61.1	50.9	70.4	73.5	68.8	57.2	74.6	78.0	74.4	70.1	78.9	81.7	78.7	74.9
0.55	69.0	70.0	65.8	56.1	74.1	77.1	73.1	61.7	77.8	80.8	77.2	73.0	81.5	83.9	80.9	77.0
0.75	72.1	72.1	70.0	61.2	77.4	79.6	75.9	66.2	80.7	82.5	78.9	75.0	83.5	85.7	82.7	78.4
1.1	75.0	75.0	72.9	66.5	79.6	81.4	78.1	70.8	82.7	84.1	81.0	77.7	85.2	87.2	84.5	80.8
1.5	77.2	77.2	75.2	70.2	81.3	82.8	79.8	74.1	84.2	85.3	82.5	79.7	86.5	88.2	85.9	82.6
2.2	79.7	79.7	77.7	74.2	83.2	84.3	81.8	77.6	85.9	86.7	84.3	81.9	88.0	89.5	87.4	84.5
3	81.5	81.5	79.7	77.0	84.6	85.5	83.3	80.0	87.1	87.7	85.6	83.5	89.1	90.4	88.6	85.9
4	83.1	83.1	81.4	79.2	85.8	86.6	84.6	81.9	88.1	88.6	86.8	84.8	90.0	91.1	89.5	87.1
5.5	84.7	84.7	83.1	81.4	87.0	87.7	86.0	83.8	89.2	89.6	88.0	86.2	90.9	91.9	90.5	88.3
7.5	86.0	86.0	84.7	83.1	88.1	88.7	87.2	85.3	90.1	90.4	89.1	87.3	91.7	92.6	91.3	89.3
11	87.6	87.6	86.4	85.0	89.4	89.8	88.7	86.9	91.2	91.4	90.3	88.6	92.6	93.3	92.3	90.4
15	88.7	88.7	87.7	86.2	90.3	90.6	89.7	88.0	91.9	92.1	91.2	89.6	93.3	93.9	92.9	91.2
18.5	89.3	89.3	88.6	86.9	90.9	91.2	90.4	88.6	92.4	92.6	91.7	90.1	93.7	94.2	93.4	91.7

Figura 56. Continuación nivel de eficiencias catálogo motores Weg

22	89.9	89.9	89.2	87.4	91.3	91.6	90.9	89.1	92.7	93.0	92.2	90.6	94.0	94.5	93.7	92.1
30	90.7	90.7	90.2	88.3	92.0	92.3	91.7	89.8	93.3	93.6	92.9	91.3	94.5	94.9	94.2	92.7
37	91.2	91.2	90.8	88.8	92.5	92.7	92.2	90.3	93.7	93.9	93.3	91.8	94.8	95.2	94.5	93.1
45	91.7	91.7	91.4	89.2	92.9	93.1	92.7	90.7	94.0	94.2	93.7	92.2	95.0	95.4	94.8	93.4
55	92.1	92.1	91.9	89.7	93.2	93.5	93.1	91.0	94.3	94.6	94.1	92.5	95.3	95.7	95.1	93.7
75	92.7	92.7	92.6	90.7	93.8	94.0	93.7	91.6	94.7	95.0	94.6	93.1	95.6	96.0	95.4	94.2
90	93.0	93.0	92.9	91.1	94.1	94.2	94.0	91.9	95.0	95.2	94.9	93.4	95.8	96.1	95.6	94.4
110	93.3	93.3	93.3	91.5	94.3	94.5	94.3	92.3	95.2	95.4	95.1	93.7	96.0	96.3	95.8	94.7
132	93.5	93.5	93.5	91.9	94.6	94.7	94.6	92.6	95.4	95.6	95.4	94.0	96.2	96.4	96.0	94.9
160	93.8	93.8	93.8	92.5	94.8	94.9	94.8	93.0	95.6	95.8	95.6	94.3	96.3	96.6	96.2	95.1
200	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.3	95.4
250	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.5	95.4
315 up to 1000	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4

Fuente: WEG (2016)

Cuadro 57. Temperatura permitida de cables según National Electrical Code



**National Electrical Code  
Allowable Ampacities of Insulated Conductors Rated 0-2000 Volts**

As Excerpted from the 2002 National Electrical Code

Ampacities of Not More Than Three Current-Carrying Conductors in Raceway, Cable or Earth. Based on Ambient Temperature of 30°C (86°F)

SIZE AWG OR kcmil	Copper Conductors						Aluminum Conductors						SIZE AWG OR kcmil
	Temperature Rating of Conductor						Temperature Rating of Conductor						
	60°C		75°C		90°C		60°C		75°C		90°C		
	TYPES		TYPES		TYPES		TYPES		TYPES		TYPES		
	TW UF	RHW THW THWN	THHW XHHW USE	RHH RHW-2 XHHW-2 XHH	THHN THWN-2 THWN		TW UF	RHW THW THWN	THHN XHHW USE	RHH RHW-2 XHHW-2 XHH	THHN THWN-2 THWN		
14**	20	20		25			-	-		-	-		-
12**	25	25		30			20	20		25			12**
10**	30	35		40			25	30		35			10**
8	40	50		55			30	40		45			8
6	55	65		75			40	50		60			6
4	70	85*		95*			55	65		75			4
3	85	100*		110*			65	75		85			3
2	95	115*		130*			75	90*		100*			2
1	110	130*		150*			85	100*		115*			1
1/0	125	150*		170*			100	120*		135*			1/0
2/0	145	175*		195*			115	135*		150*			2/0
3/0	165	200*		225*			130	155*		175*			3/0
4/0	195	230*		260*			150	180*		205*			4/0
250	215	255*		290*			170	205*		230*			250
300	240	285		320			190	230*		255*			300
350	260	310*		350*			210	250*		280*			350
400	280	335*		380*			225	270		305			400
500	320	380		430			260	310*		350*			500
600	355	420		475			285	340*		385*			600
700	385	460		520			310	375		420			700
750	400	475		535			320	385		435			750
800	410	490		555			330	395		450			800
900	435	520		585			355	425		480			900
1000	455	545		615			375	445		500			1000
1250	495	590		665			405	485		545			1250
1500	520	625		705			435	520		585			1500
1750	545	650		735			455	545		615			1750
2000	560	665		750			470	560		630			2000

6301 EAST STASSNEY LANE, SUITE 100  
AUSTIN, TEXAS 78744, USA  
1-800-880-9473, FAX 512-443-6329, SALES@USAWIRE-CABLE.COM

Fuente: USA wire & Cable (2002)

Figura 57. Extracto de especificaciones de cables POWERFLEX RV-K

Sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Aire libre a 30°C (A)	Enterrado a 20°C (A)	Caída tensión (V/A · km)
3 G 1,5	8,9	110	26	26	34
3 G 2,5	9,8	145	36	34	20,4
3 G 4	11	200	49	44	12,7
3 G 6	12,1	265	63	56	8,45
3 G 10	14,3	405	86	73	4,89
3 x 16	16,4	595	100	79	2,68
3 x 25	20,7	955	127	101	1,73
3 x 35	23,1	1.275	158	122	1,23
3 x 50	26,8	1.750	192	144	0,86
3 x 70	29,6	2.370	246	178	0,603
3 x 95	35	3.140	298	211	0,457
3 x 120	39,8	4.115	346	240	0,357
3 x 150	44,7	5.130	399	271	0,286

- 8 AWG equivale a 10 mm<sup>2</sup>
- 3/0 AWG equivale a 95 mm<sup>2</sup>
- 3x indica la cantidad de cables que conforma el cable recubierto de aislamiento.

## 7. Guía de análisis de motores eléctricos y sus conexiones eléctricas

### Introducción:

La guía de análisis de motores eléctricos y sus conexiones eléctricas tiene la finalidad de proveer un sistema simple de análisis de consumo eléctrico en los motores de una línea de producción de hilo rafia. Se explicará los materiales necesarios para la toma de datos, la metodología a emplear, los cálculos y se proporcionará un formato para llenar datos.

### Objetivos:

- Medir la energía consumida por los motores de una línea de hilo rafia
- Determinar el estado actual de los motores eléctricos de la línea de producción
- Determinar el estado actual de las conexiones de los motores eléctricos de la línea de producción

### Justificación:

Los motores de la línea de producción de hilo rafia son de los principales costos energéticos del proceso de extrusión del polipropileno y producción del hilo. Conocer el estado de estos ayuda a monitorear su costo y evitar paros inesperados que puede afectar el rendimiento de la línea de producción

### Equipo a utilizar:

- Multímetro. Fluke 374 FC, resolución de 0.1 V, mide hasta 1000V. Resolución de 0.1 A mide hasta 600.0 A
- Termómetro láser. Etekcity Lasergríp 80, termómetro láser digital infrarrojo sin contacto (-50°C a 750°C)
- Cámara termo gráfica. TiS65 con rango de -20°C a 550°C y exactitud de  $\pm 2^\circ\text{C}$

## Metodología

### Selección del motor

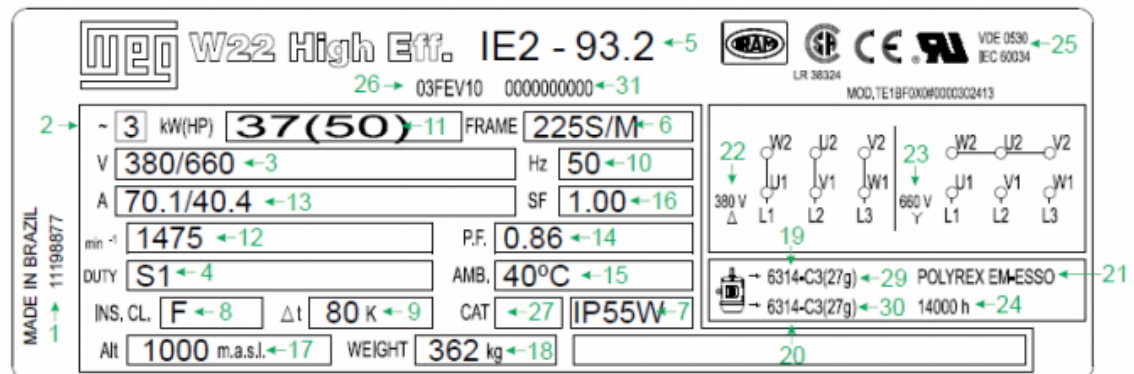
Se debe localizar el motor de la línea y registrar los datos de placa. Si la placa no cuenta con sus datos completos se debe buscar el dato en un manual.

Figura 58. Motor eléctrico



Fuente: WEG (2016)

Figura 59. Datos de placa del motor



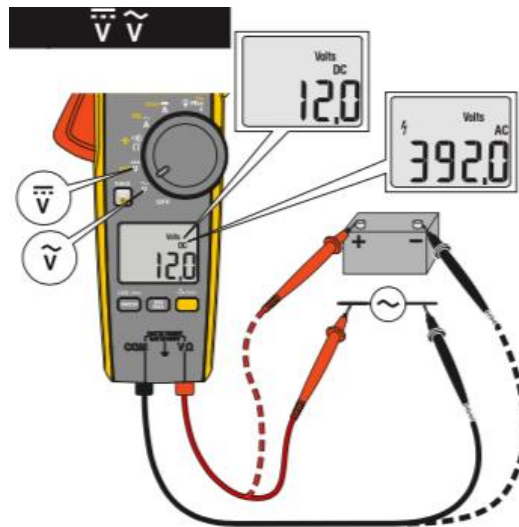
Fuente: WEG (2016)

Registrar en el formato, voltaje nominal (3), amperaje nominal (13), frecuencia (10), RPM (12), potencia nominal (11), temperatura ambiente máxima (15), clase de aislante (8), eficiencia (5), diámetro del cable de conexión (AWG)

### Medición de voltaje

Se debe ubicar el panel eléctrico del motor. Abrir el panel eléctrico y encontrar el punto adecuado para la medición del voltaje. Este debe corresponder a la tensión del motor a estudiar. Se enciende el multímetro y se configura como se indica en la imagen:

Figura 60. Configuración para la medición de voltaje



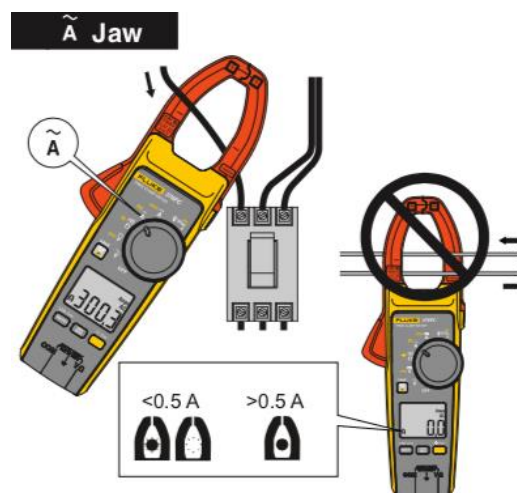
Fuente: Manual de usuario 374 FC/375 FC/376 FC de Fluke (2019)

Se selecciona el tipo de corriente (alterna o directa) y se conecta el cable rojo al positivo y el negro al negativo. Se selecciona la resolución a medir. Colocar el multímetro en serie. Si se desea conocer el voltaje absoluto el cable negro se debe colocar a una tierra física. Se registra el dato obtenido

## Medición de corriente.

Localizar cables (las 3 fases) del motor a estudiar Se enciende el multímetro y selecciona la opción y corriente. Se abre la pinza para medir la corriente de la fase. Se debe realizar fase por fase (un cable a la vez). Se deben registrar el valor de cada fase. Configurar el multímetro como lo indica la imagen:

Figura 61. Configuración para la medición de corriente



Fuente: manual de usuario 374 FC/375 FC/376 FC de Fluke (2019)

## Cálculos

Cálculo 22: Promedio de potencias

$$\frac{\text{Corriente 1} + \text{Corriente 2} + \text{Corriente 3}}{3} = \text{Corriente promedio}$$

Ejemplo:

$$\frac{70.1 \text{ A} + 67.5 + 63.8}{3} = 67.1 \text{ A}$$

Cálculo 23: Potencia eléctrica

$$\frac{\sqrt{3} * \text{Corriente promedio} * \text{voltaje medido} * 0.92}{1000} = \text{Potencia eléctrica}$$

Ejemplo:

$$\frac{\sqrt{3} * 67.1 A * 440 V * 0.92}{1000} = 47 kW$$

Cálculo 24: Energía eléctrica

$$Potencia electrica * horas trabajadas = Consumo energía electrica$$

Ejemplo:

$$23.5 kW * 200h = 9400 kWh$$

Cálculo 25: Relación de potencias calculada del motor

$$\frac{Potencia mecánica}{Potencia electrica} = eficiencia$$

Ejemplo:

$$\frac{37 kW}{47kW} = 0.79$$

Si se registran varias tomas de datos, se recomienda registrar el mayor dato de potencia consumido y el menor dato.

Cálculo 26: Rango de potencias del motor

$$Limite superior - limite inferior = rango de potencia$$

Ejemplo:

$$47 kW - 43kW = 4 kW$$

Con los valores calculados se puede observar el consumo de energía del motor, su rango y relación de potencias de operación.

## Temperaturas de motores

Se ubican los motores a estudiar y se verifica que estén en funcionamiento. Se enciende el termómetro láser, se dirige el haz de luz hacia la superficie del motor se miden las temperaturas de varios puntos de la carcasa del motor y se registra la temperatura más alta.

Este procedimiento se puede realizar también por medio de una cámara termográfica, para esto se enciende la cámara termo gráfica y se ingresan los valores de humedad y temperatura ambiente. Se verifica que el motor tenga una superficie pintada y que se encuentre en funcionamiento. Se realiza la medición y se registran los datos.

Figura 62. Medición de temperatura con termómetro láser



### Cálculos:

Identificar el tipo de aislante que utiliza el motor. Con el tipo de aislante y los datos de la figura superior obtener el valor de  $\Delta T$ . Registrar la temperatura ambiente y corroborar que esta no sea mayor a 40°C. Si es mayor a 40°C el motor esta bajo condiciones fuera de especificación.

Figura 63. Clase de aislamiento y temperaturas máximas

Clase de aislamiento		A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
$\Delta t =$ elevación de temperatura ( método de la resistencia )	°C	60	75	80	105	125

Fuente: WEG, (2016)

Cálculo 27: Temperatura máxima de operación

$$\text{Temperatura ambiente} + \Delta T = \text{Temperatura máxima permitida de operación}$$

Ejemplo:

Par un motor con aislante F

$$25^{\circ}\text{C} + 105^{\circ}\text{C} = 130^{\circ}\text{C}$$

Cálculo 28: Temperatura interior del motor

$$\text{Temperatura medida} + \text{Regla gruesa} = \text{Temperatura interna}$$

Ejemplo:

$$70^{\circ}\text{C} + 15^{\circ}\text{C} = 85^{\circ}\text{C}$$

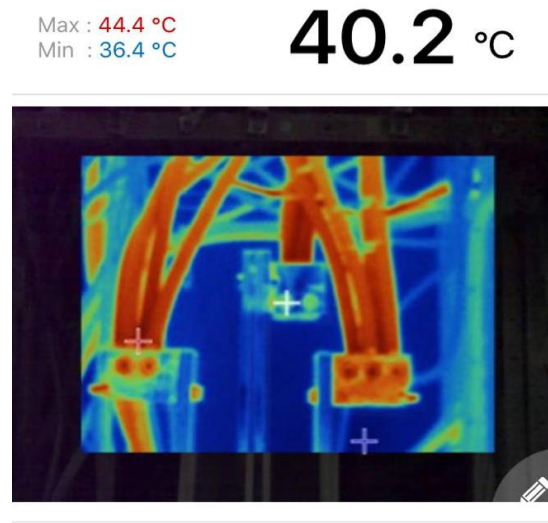
$$130^{\circ}\text{C} > 85^{\circ}\text{C}$$

- Como la temperatura máxima permitida de operación es mayor a la temperatura interna del motor, este se encuentra dentro la especificación
- La regla gruesa indica que debe sumar a la temperatura superficial del motor de 15 a 20°C a menos que la ficha técnica del equipo indique otro valor.
- Con el valor de temperatura y el criterio utilizado se conoce el estado de operación del motor

## Temperatura de conexión eléctrica

Se localiza el panel eléctrico del motor, se abre el panel y se ubica el área de estudio. Se repite el procedimiento realizado para la medición de temperaturas en motores. Solamente que en este caso se realizan tres mediciones una por cada cable.

Figura 64. Termografía obtenida de análisis de conexiones eléctricas



## Cálculos

Se debe identificar puntos calientes por medio de la termografía, con la misma se obtienen las temperaturas de las conexiones eléctricas.

Cuadro 58. Criterio para diagnóstico de conexiones eléctricas

Diferencias de temperaturas	Diagnóstico	Severidad
<u>0-3°C</u>	Condiciones adecuadas	Verde
4-15°C	Deficiencia leve, requiere medidas correctivas, ajuste de terminales y mantenimiento	Amarillo
<u>&gt;15°C</u>	Deficiencia grave requiere medidas correctivas inmediatas, ajuste de terminales, cambio de cable	Rojo

Cálculo 29: Diferencias de temperaturas en cables de conexión

*Mayor temperatura de las fases en la conexión eléctrica – Menor temperatura de las fases en la conexión eléctrica*  
*= Diferencia de temperaturas*

Ejemplo:

$$34^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C} = 3^{\circ}\text{C}$$

$$3^{\circ}\text{C} \leq 3^{\circ}\text{C}$$

- Las temperaturas son de diferentes fases. Para el cálculo se debe tomar la temperatura más alta de cada fase.
- Como la diferencia de temperaturas es igual o menor al criterio la conexión eléctrica se encuentra en condiciones adecuadas

Cuadro 59. Criterio para diagnóstico de temperatura máxima de conexión eléctrica

Diámetro de cable	Temperatura máxima adecuada
Menor o igual a 7.348mm (1AWG)	60°C
Mayor a 7.348 mm (1AWG)	75°C

Cálculo 30: Criterio de temperatura máxima de cables

Temperatura máxima en conexiones eléctricas < temperatura máxima adecuada

Ejemplo:

Para un motor con cable de diámetro 10.40 mm (AWG de 3/0)

$$40^{\circ}\text{C} < 75^{\circ}\text{C}$$

- El cable se encuentra dentro de la especificación, no requiere medidas correctivas
- Si el cable sobrepasara el límite de temperatura se debe realizar un mantenimiento a la conexión, limpieza al tablero y un ajuste de torque en las terminales
- Entre las medidas correctivas se encuentra, manteniendo y limpieza, ajuste de torque.
- Medidas mayores correctivas incluyen cambio de cable o pieza.

Figura 65. Formato recomendado para la guía

Motor					
Voltaje V		RPM		Temperatura máxima ambiente	
Amperaje A		Potencia kW		Clase de aislante	
Frecuencia		Eficiencia		Diámetro de cable (AWG)	

Energía consumida por motores

V	Fase 1 A	Fase 2 A	Fase 3 A	Promedio fases	Potencia	Energía	Rango

Comentarios: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Estado actual de motores eléctricos

T. Ambiente	T. motor	$\Delta T$	T. máx. de operación	T. regla gruesa	T. interior	Resultado

Comentarios: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Estado actual de conexiones eléctricas de los motores

T1	T2	T3	T máx.	Cumple (Si/No)

Comentarios: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## B. MÓDULO 2: PROPUESTA Y EJECUCIÓN DE UN PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA CONCIENTIZAR SOBRE EL USO EFICIENTE DE ENERGÍA AL PERSONAL DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE SACOS INDUSTRIALES

### 1. Instrumento 1

#### Diario de Campo

Instrucciones: llenar el siguiente formato al momento de realizar una observación, se debe escribir toda la información que aporte el cumplimiento del objetivo.



Objetivo: identificar el uso de la energía dentro de la planta por parte de los colaboradores.

Lugar	
Hora	
Fecha	
Espacio observado	
Tiempo	Observaciones

## 2. Instrumento 2

### Entrevista a encargada de capacitación

Con el objetivo de tener una descripción más amplia de los colaboradores, solicito su apoyo respondiendo a las preguntas que a continuación se realizarán. La información que proporcione será manejada como confidencial.



1. ¿Qué capacitaciones se programan durante el año para colaboradores de la planta?
2. ¿Qué nivel de escolaridad tiene los colaboradores de la planta?
3. ¿En qué rango se encuentra la edad promedio?
4. ¿Cuáles considera son las principales oportunidades de aprendizaje que los colaboradores necesitan?
5. ¿Qué tiempo considera que otorguen a los colaboradores para realizar la capacitación por grupos?
6. ¿Considera que hay alguna fortaleza?
7. ¿Cuál considera que es una limitación para los colaboradores?

¡Muchas gracias!

### 3. Instrumento 3



#### Entrevista a jefe de planta

Con el objetivo de tener una descripción más amplia de los colaboradores, solicito su apoyo respondiendo a las preguntas que a continuación se realizarán. La información que proporcione será manejada como confidencial.

1. ¿Considera que el uso de la energía se hace de manera consciente dentro de la planta?
2. ¿Tienen conocimiento de los procedimientos adecuados para el uso de equipos y energía?
3. ¿Considera que es necesario incluir dentro de las capacitaciones, una sobre el uso eficiente de la energía?
4. ¿Considera que los colaboradores comprenden los términos necesarios para comprender cuál es el uso eficiente de la energía?

¡Muchas gracias!



¿Apaga la luz si sale de alguna oficina o ve que no hay nadie?	SÍ	NO
¿Ve letreros en la planta que indican donde hay electricidad?	SÍ	NO
¿Considera que todos hacen buen uso de la luz?	SÍ	NO
¿Sabe cuál es el uso eficiente o adecuado de la energía eléctrica?	SÍ	NO

#### EN EL HOGAR

Indica el número de personas que habitan la vivienda habitualmente: \_\_\_\_\_

#### Cocina (fogón)

¿Qué utiliza para cocinar?

- a) Gas propano
- b) Carbón
- c) Electricidad

#### Calentador de agua

¿A qué temperatura lo sueles emplear?

- a) Templada
- b) Caliente
- c) Muy caliente

¿Cuánto es el tiempo que tarda en bañarse?

- a) 5 minutos
- b) 15 minutos
- c) 25 minutos

#### Iluminación

¿Cuál es el número total de bombillas en la casa?

- a) 1 a 5 bombillas
- b) 5 a 10 bombillas
- c) 11 o más bombillas

¿Cuántas bombillas son de bajo consumo?

- a) Todas
- b) Algunas
- c) Ninguna

¿Necesita encender las luces cuando es de día?

- a) En algunas habitaciones
- b) En toda la casa
- c) No se enciende la luz durante el día

Electrodomésticos

Marque con una X que tipos de electrodomésticos tienes en su casa

Refrigeradora \_\_\_\_

Microondas \_\_\_\_

Televisión \_\_\_\_

Lavadora \_\_\_\_

Licuadaora \_\_\_\_

Plancha \_\_\_\_

Equipo de sonido/radio \_\_\_\_

DVD \_\_\_\_

Computadora \_\_\_\_

Post test - cuestionario

Universidad del Valle de Guatemala  
Facultad de Educación  
Psicopedagogía  
Trabajo de graduación  
Modalidad Megaproyecto



Cuestionario

Instrucciones: a continuación encontrarán preguntas con respuestas múltiples, responda según considera sea la mejor o las mejores opciones.

¿Qué es energía?

- a. Movimiento del cuerpo humano
- b. Fuerza capaz de generar una acción o un trabajo
- c. Lo que necesita un equipo para funcionar
- d. Ninguna de las anteriores

¿Qué tipos de energía hay?

- a. Energía eléctrica
- b. Energía renovable y no renovable
- c. Energía hidráulica
- d. Energía mecánica

¿Qué es energía renovable?

- a. Energía que encontramos en la naturales
- b. Proviene de una fuente natural, son recursos limpios y casi inagotables
- c. Cualquier materia que se puede reciclar
- d. Ninguna de las anteriores

¿Qué es energía no renovable?

- a. Aquellas de cantidad limitada que venden en las gasolineras
- b. Recursos que se pueden generar inmediatamente
- c. Se encuentran de forma limitada en la naturaleza y cuya velocidad de consumo es mayor que la de su regeneración
- d. Ninguna de las anteriores

¿Qué es el consumo eficiente de la energía?

- a. No utilizar todos los aparatos electricos que tengamos en el hogar
- b. Reducir el consumo de energía teniendo los mismo beneficios, servicio o producto.
- c. Utilizar energía que proviene de petroleo y carbón
- d. Ninguna de las anteriores

¿Por qué debemos ahorrar energía?

- a. Porque la mayoría se genera por recursos no renovables y son contaminantes para el ambiente
- b. Para bajar el consumo y ahorrar dinero
- c. Usar la cantidad necesaria para realizar nuestras actividades.
- d. Ningunda de las anteriores

¿Qué beneficios se obtienen en el uso eficiente de la energía?

- a. Disminuir el consumo ahorrando en la factura mensual de energía eléctrica
- b. Beneficio ambiental y menos contaminación.
- c. Apagar la luz durante el día porque no la necesito.
- d. No hay beneficios solo ser conciente.

¿En qué actividades se puede ahorrar energía eléctrica?

- a. Desconectar los electrodomésticos que no se están utilizando
- b. Apagar luces al no utilizarlas
- c. Utilizar la plancha todos los días y bañarse durante 20 minutos con calentador.
- d. Ninguna de las anteriores

¿Cómo puedo ahorrar energía en mi trabajo?

- a. No usar el compresor para beneficio propio o limpieza del área
- b. Apagar todas la luces que no se estén utilizando, incluida la luz del baño
- c. Revisar que los equipos funcionen correctamente y el cableado este en buenas condiciones
- d. No hay manera en que yo aporte en el ahorro de energía

## 5. Consentimiento Informado

Consentimiento Informado

Adulto



Yo \_\_\_\_\_

estoy de acuerdo en participar en la entrevista para el diagnóstico de necesidades de capacitación y planificación del taller psicopedagógico de concientización en el uso eficiente de la energía.

Comprendo que para realizar un análisis de resultados exacto es necesario que esta entrevista sea transcrita, para fines de la investigación y recopilación de la mayor información posible. Esta información se considerará confidencial.

---

Nombre y firma del entrevistado/a

Fecha

---

Nombre y firma del entrevistador

Fecha

## 6. Evaluación de la capacitación

### Evaluación de la capacitación



Evaluación por: encargada de capacitaciones	Instrucciones: realice la siguiente evaluación asignando un puntaje entre 1 y 10, donde 1 es la puntuación más baja y 10 la más alta.	
Criterio		Punteo
Planificación de capacitación		10
Seguimiento previo a la capacitación		10
Apertura e introducción		10
Información clara y breve		10
Vinculación con el público		9
Dominio de los conceptos		10
Conceptos claros y adecuados al grupo		10
Materiales didácticos acordes al tema		10
Puntualidad en inicio y final		10
Participación del grupo		8
Comentarios:		
Se evidencia el dominio del tema, buen manejo del grupo, vocabulario adecuado y la idea de los centros de actividades favoreció más a la comprensión del tema.		
Excelente iniciativa la motivación entregar refrigerio para los trabajadores.		

## 7. Diario de campo

### Observación 1

Instrucciones: llenar el siguiente formato al momento de realizar una observación, se debe escribir toda la información que aporte el cumplimiento del objetivo.

Objetivo: identificar el uso de la energía dentro de la planta por parte de los colaboradores.

Lugar	Empresa productora de sacos industriales, Antigua Guatemala.
Hora	9:30 am
Fecha	02/04/2019
Espacio observado	Uso del equipo industrial
Tiempo	Observaciones
9:30 – 10:15	<p>Los colaboradores cuentan con equipo de seguridad en las áreas donde lo necesitan, sin embargo, en el área donde se trabajan los sacos de yunte, no todos usan mascarilla.</p> <p>Al terminar su labor o cambiar de turno, debe quitar el exceso de polvillo del piso y su ropa, lo hacen desconectando la manguera del compresor y utilizan el aire para quitar las partículas de yunte del piso y ropa.</p> <p>El calor es intenso y provoca deshidratación, se necesitan colocar más bebederos o garrafones de agua.</p>

### Observación 2

Instrucciones: llenar el siguiente formato al momento de realizar una observación, se debe escribir toda la información que aporte el cumplimiento del objetivo.

Objetivo: identificar el uso de la energía dentro de la planta por parte de los colaboradores.

Lugar	Empresa productora de sacos industriales, Antigua Guatemala.
Hora	10:00 am
Fecha	18/06/2019
Espacio observado	Uso de luz (bombillas) dentro de la planta y oficinas
Tiempo	Observaciones
10:00 – 11:00	<p>Se dio un recorrido por la planta en las áreas con más colaboradores y movimiento.</p> <p>La iluminación durante el día es adecuada, sin embargo, hay áreas donde están los paneles de control y cableado donde la luz no es suficiente.</p> <p>Las lámparas, algunas son incandescentes otras son alógenas.</p> <p>En pequeñas oficinas dentro de la planta, la luz no se apagar, permanece encendida sin importar que alguien esté o no.</p>

### Observación 3

Instrucciones: llenar el siguiente formato al momento de realizar una observación, se debe escribir toda la información que aporte el cumplimiento del objetivo.

Objetivo: identificar el uso de la energía dentro de la planta por parte de los colaboradores.

Lugar	Empresa productora de sacos industriales, Antigua Guatemala.
Hora	9:45 am
Fecha	06/08/2019
Espacio observado	Señalización
Tiempo	Observaciones
9:45 – 11:35	<p>La planta está señalizada, pero necesitan mantenimiento y utilizar material más resistente.</p> <p>Se observan señales donde hay corriente eléctrica o alta tensión.</p> <p>No hay rótulos que hagan consciencia de uso de energía, limpieza, uso del agua, etc.</p> <p>Los paneles de control necesitan ser rotulados y aislados para que no se mezclen para que al momento de querer tomar mediciones, por ejemplo de voltaje, no estén mezclados o sea difícil llegar a ellos.</p>

#### Observación 4

Instrucciones: llenar el siguiente formato al momento de realizar una observación, se debe escribir toda la información que aporte el cumplimiento del objetivo.

Objetivo: identificar el uso de la energía dentro de la planta por parte de los colaboradores.

Lugar	Empresa productora de sacos industriales, Antigua Guatemala.
Hora	11:00 am
Fecha	27/08/2019
Espacio observado	Conexiones eléctricas
Tiempo	Observaciones
11:00 – 12:50	<p>En algunas áreas el cableado está en el piso y descubierto, sobre todo en donde hay paso peatonal, podría causar accidente.</p> <p>No todas las conexiones eléctricas están señalizadas.</p> <p>No todas las tomas de corriente eléctrica, están señalados o indicando de qué voltaje tienen.</p> <p>No todos los colaboradores respetan las señales de seguridad, equipos y sobre todo no pararse en los cables de los equipos y maquinaria.</p>

## 8. Entrevista encargada de capacitación

Entrevista  
Encargada de capacitación

<p>Objetivo: Para investigar sobre las necesidades que tiene la empresa con relación al uso consciente de la energía, se realizó una entrevista semiestructurada a la encargada de capacitación en el departamento de recursos humanos.</p>	
<p>¿Qué capacitaciones se programan durante el año para colaboradores de la planta?</p>	<p>Al consultarle sobre su planificación de capacitaciones anual, solamente mencionó temas como seguridad industrial y valores de la empresa. También indicó que, por la cantidad de empleados, tardan aproximadamente 3 meses en completar una capacitación para todo el personal.</p>
<p>¿Qué nivel de escolaridad tiene los colaboradores de la planta? ¿En qué rango se encuentra la edad promedio?</p>	<p>El nivel de escolaridad indicó que es bajo pues en su mayoría, son personas adultas que no terminaron de estudiar primaria y secundaria. Lo mismo sucede con los rangos de edad, pues son muy variados y oscilan entre 18 a 60 años.</p>
<p>¿Cuáles considera son las principales oportunidades de aprendizaje que los colaboradores necesitan?</p>	<p>La encargada comentó, que, como empresa, les interesa tener dentro de sus capacitaciones el tema del uso consciente de la energía, tanto por el alto consumo energético que tiene la empresa por uso inadecuada, como por la educación en los hogares para beneficio de los colaboradores.</p>
<p>¿Qué tiempo considera que otorguen a los colaboradores para realizar la capacitación por grupos?</p>	<p>El tiempo máximo con el que se cuenta es de media hora.</p>
<p>¿Considera que hay alguna fortaleza? ¿Cuál considera que es una limitación?</p>	<p>Entre las fortalezas mencionó el interés de los empleados por superarse, respeto y atención que se presta en las capacitaciones. Entre las limitaciones el nivel de escolaridad pues algunos no terminaron la primaria, otros cursaron hasta tercero básico y pocos son graduados de diversificado. La edad también es limitación pues para unos será un refuerzo y para otros un nuevo aprendizaje.</p>

## 9. Entrevista jefe de planta

Entrevista  
Jefe de planta

<p>Objetivo: Para determinar los conocimientos que los colaboradores tenían acerca del tema del uso eficiente de la energía, se consideró tener una entrevista semiestructurada con el jefe de planta. Se consideraba necesario tener su opinión ya que es la persona que los ve cotidianamente en sus puestos de trabajo y conoce sus rutinas.</p>	
<p>¿Considera que el uso de la energía se hace de manera consciente dentro de la planta?</p>	<p>El uso inadecuado de la energía por parte de los empleados ha incrementado los costos para la empresa en este tema.</p>
<p>¿Tienen conocimiento de los procedimientos adecuados para el uso de equipos y energía?</p>	<p>Los colaboradores conocen los procedimientos y reglamentos dentro de la planta, pero, en muchas ocasiones la poca consciencia que tienen los hace utilizar los equipos de una manera inadecuada causando llamadas de atención.</p>
<p>¿Considera que es necesario incluir dentro de las capacitaciones, una sobre el uso eficiente de la energía?</p>	<p>Considera que existe la necesidad de realizar una capacitación didáctica donde se resalte las consecuencias del mal uso de la energía tanto en su lugar de trabajo como en sus hogares.</p>
<p>¿Considera que los colaboradores comprenden los términos necesarios para comprender cuál es el uso eficiente de la energía?</p>	<p>No todos los colaboradores tienen un nivel de escolaridad avanzado, el tema no es conocido por ellos, es necesario realizar una capacitación y concientizar sobre las consecuencias de sus acciones.</p>

10. Manual

Programa de capacitación



### XIII. GLOSARIO

Denier: Unidad de medida del sistema inglés que define una masa de 1 gramo en 9000 metros de fibra

AWG: American Wire Gauge, Sistema de calibre de alambre estadounidense

AMM: Administrador del mercado mayorista

CNEE: Comisión Nacional de Energía Eléctrica

IEEE: Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, por sus siglas en inglés.

Msnm: Metros sobre el nivel del mar

Baja tensión: Nivel menor o igual a 1000 Voltios