



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA
EN LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI
APLICANDO LA NORMA ISO 50001.**

AUTOR: ALEX DANILO PANCHI GUAMANGALLO

DIRECTORA: ING. KATYA TORRES

LATACUNGA

2015



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA EN LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI APLICANDO LA NORMA ISO 50001.”** realizado por el Alex Danilo Panchi Guamangallo que ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **ALEX DANILO PANCHI GUAMANGALLO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 17 de diciembre del 2015

Atentamente,

Ing. Katya Torres

Directora



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **ALEX DANILO PANCHI GUAMANGALLO** con cédula de identidad N° 0503238842, declaro que este trabajo de titulación **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA EN LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI APLICANDO LA NORMA ISO 50001”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las referencias bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 17 de diciembre del 2015

Alex Danilo Panchi Guamangallo

C.C.: 0503238842



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, **ALEX DANILO PANCHI GUAMANGALLO** con cédula de identidad N° 0503238842, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA EN LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI APLICANDO LA NORMA ISO 50001.”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 17 de diciembre del 2015

Alex Danilo Panchi Guamangallo

C.C.: 0503238842

DEDICATORIA

A mi madre Olga Guamangallo, a mi padre Manuel Panchi que hicieron los esfuerzos posibles para que pudiera estudiar también a mis hermanos Byron, Cristian y Freddy que con sus conocimientos me han permitido concluir este proyecto siempre motivándome y guiándome, también dedico a mis abuelitos, a mis tíos y primos que con sus consejos me han dado el apoyo para seguir siempre adelante y finalmente dedico a todos mis amigos que día a día brindaron su apoyo fortaleciendo los conocimientos y sobre todo la amistad.

AGRADECIMIENTO

A mis abuelitos, a mis padres, tíos, cuñadas y primos por darme su apoyo en toda mi vida universitaria, también a mi hermano Byron que me ha motivado a seguir estudiando también convirtiéndose en un modelo de hermano y de profesional a seguir, a Cristian y Freddy que siempre me brindaron su apoyo en el día a día de mi vida. A mis amigos Franklin, Elizabeth, Galo, Jessica, Cristian J, Alex, John que a más de ser amigos se convirtieron en mis hermanos, también mis más sinceros agradecimientos a los Ingenieros Katya Torres, Washington Freire, Mario Jiménez que compartieron sus conocimientos haciendo posible el elaborar este proyecto de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICES DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvi
SUMARY	xvii
ANTECEDENTES	xviii
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	xviii
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	xix
OBJETIVO GENERAL	xix
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xx
METAS	xx

CAPÍTULO I

ÁREA DE ESTUDIO	1
1.1 Introducción.	1
1.2 Descripción general de la Empresa “IMC”.	1
1.2.1 Organigrama estructural Industria Metálica Cotopaxi.....	2
1.3 Sistema de gestión energética.....	3
1.3.1 Importancia del sistema de gestión energética.	3
1.3.2 Industria y la gestión energética.....	3
1.3.3 Beneficios a nivel medioambiental.	4
1.3.4 Beneficios económicos del ahorro energético.....	4
1.4 Norma ISO 50001	4

1.4.1	De qué trata la norma ISO 50001.....	6
1.4.2	Importancia de la norma ISO 50001.....	7
1.4.3	Alcance y requisitos de la norma ISO 50001.	7
a.	Gestión de la responsabilidad	9
b.	Planeación energética.....	9
c.	Implementación y operación	9
d.	Fundamento Legal	10
1.5	Herramientas para establecer SGE.	12
1.5.1	Diagrama de flujo	12
1.5.2	Diagrama de causa-efecto.	13
1.5.3	Histogramas	13
1.5.4	Check list o lista de verificación.....	13
1.5.5	Diagrama de Pareto.	13
1.5.6	Diagramas de dispersión.....	13
1.5.7	Gráficos de control.	14
1.6	Auditorías energéticas en el sector industrial.	14
1.6.1	Diagnóstico energético.....	14
1.7	Descripción del proceso de producción	15
1.7.1	Producción en sección paneles.....	16
1.7.2	Producción en sección troquelado	18
1.7.3	Producción en sección hornos	19
1.7.4	Producción en sección cocinas	21
1.8	Causas que inciden en el consumo de energía.	23
1.8.1	Calidad del producto referente al suministro eléctrico.....	23
a.	Nivel de voltaje.....	23
b.	Armónicos.	24
c.	Factor de potencia.....	25
1.8.2	Mantenimiento.....	26
a.	Mantenimiento Correctivo	26
b.	Mantenimiento Preventivo.....	27
c.	Mantenimiento Predictivo	27

d.	Pérdidas por procesos productivos.....	27
e.	Aprovechamiento de equipos.....	27
f.	Disponibilidad de equipos.....	27
g.	Rendimiento de equipos.....	28
h.	Índice de calidad.....	28
1.9	Equipo de medición.....	28
1.9.1	Registrador trifásico FLUKE 1735.....	28
1.9.2	Multímetro Truper MUT 202.....	30
1.9.3	Luxómetro Light meter HS1010A.....	30
1.10	Software de simulación.....	31

CAPÍTULO II

	DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	32
2.1	Situación energética en “IMC”.....	32
2.2	Cargas instaladas en la planta de producción.....	32
2.3	Estado de funcionamiento de los equipos.....	36
2.3.1	Sección Hornos.....	37
2.3.2	Sección prensas.....	39
2.4	Datos de producción.....	43
2.5	Consumos energéticos.....	50
2.5.1	Análisis de Facturación.....	54
2.6	Problemas encontrados.....	57

CAPÍTULO III

	ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LAS INSTALACIONES DE INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI.....	59
3.1	Revisión energética.....	59
3.2	Modelación del sistema eléctrico con en ETAP 12.6.0.....	59
3.2.1	Modelamiento de cargas.....	60
3.3	Flujo de carga en Etap 12.6.0.....	62
3.3.1	Flujo de carga a demanda normal de operación.....	62

a.	Regulación de voltaje en las barras principales	64
b.	Factor de potencia.....	66
c.	Armónico	67
3.3.2	Flujo de carga a demanda máxima de operación.....	72
a.	Regulación de voltaje en las barras principales	73
3.4	Eficiencia en luminarias	73
3.5	Definición de los usuarios significativos energéticos(USEn). 77	
3.6	Indicadores del desempeño energético (IDEn).	77
3.7	Línea base energética	79
3.8	Control operacional.....	80
3.9	Problemas encontrados.	82

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA

CON LA ISO 50001

83

4.1	Alcance	83
4.2	Referencias normativas	83
4.3	Términos y definiciones	83
4.4	Requisitos generales.....	83
4.5	Responsabilidad de la dirección	84
4.5.1	Alta dirección.....	84
4.5.2	Representante de la dirección.....	84
4.6	Política energética	85
4.7	Planificación energética	86
4.7.1	Revisión energética.....	86
4.7.2	Indicadores de desempeño energético	87
4.7.3	Objetivos y planes de acción de gestión de energía	88
4.8	Implementación.....	89
a.	Compensación del factor de potencia.....	93
b.	Tableros para cada sección de producción.....	96
4.8.1	Competencia, formación y toma de conciencia	89

4.8.2	Comunicación	91
4.8.3	Control operacional	92
4.8.4	Diseño y contratación de los servicios de energía, productos, equipos y energía	93
4.9	Evaluación económica de la propuesta	98

CÁPITULO V

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
5.1	Conclusiones	102
5.2	Recomendaciones	103

	BIBLIOGRAFÍA	105
--	---------------------------	------------

	LINKOGRAFÍA	106
--	--------------------------	------------

	ANEXOS	108
--	---------------------	------------

ANEXO A: Instalaciones de Industria Metálica Cotopaxi

ANEXO B: Especificaciones técnicas de los equipos de medición

ANEXO C: Hojas de revisión y mantenimiento de máquinas

ANEXO D: Factor de demanda de los transformadores 1 y 2

ANEXO E: Diagrama unifilar de Industria Metálica Cotopaxi

ANEXO F: Flujo de potencia en Etap 12.6 del transformador 1 y 2

ANEXO G: Report manager de Etap

ANEXO H: Flujo de potencia en Etap 12.6 de transformador 1 y 2 a
máxima demanda

ANEXO I: Report manager de Etap a demanda máxima.

ANEXO J: Datasheet de lámparas usadas para la iluminación

ANEXO K: Disposición de luminarias y nivel de luxes en la planta de IMC

ANEXO L Hoja de trabajo información RCM II

ANEXO M: Curvas de trabajo de las máquinas de la sección prensas

ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1 Límites de variación de voltaje según el CONELEC	24
Tabla 2 Valores límites de THD por regulación del CONELEC.....	25
Tabla 3 Cargas instaladas en sección cocinas	32
Tabla 4 Cargas instaladas en sección puertas	33
Tabla 5 Cargas instaladas en sección prensas	33
Tabla 6 Cargas instaladas en sección hornos	34
Tabla 7 Equipos de oficina instalados en IMC	35
Tabla 8 Evaluación del estado técnico de los equipos.....	37
Tabla 9 Evaluación de máquinas CNC	38
Tabla 10 Evaluación de cortadora plasma.....	38
Tabla 11 Evaluación de compresor fijo	39
Tabla 12 Evaluación Prensas hidráulicas	40
Tabla 13 Evaluación de Troqueladoras	41
Tabla 14 Evaluación de fresadora	42
Tabla 15 Resumen datos de producción enero del 2014.....	43
Tabla 16 Resumen datos de producción febrero del 2014	44
Tabla 17 Resumen datos de producción marzo del 2014.....	44
Tabla 18 Resumen datos de producción abril del 2014	45
Tabla 19 Resumen datos de producción mayo del 2014	45
Tabla 20 Resumen datos de producción junio del 2014	46
Tabla 21 Resumen datos de producción julio del 2014	46
Tabla 22 Resumen datos de producción agosto del 2014	47
Tabla 23 Resumen datos de producción septiembre del 2014.....	48
Tabla 24 Resumen datos de producción octubre del 2014.....	48
Tabla 25 Resumen datos de producción noviembre del 2014	49
Tabla 26 Resumen datos de producción diciembre del 2014	50
Tabla 27 Resumen de facturación medidor 90106	55
Tabla 28 Resumen de facturación medidor 107063	56
Tabla 29 Componentes principales del SEP de IMC	60
Tabla 30 Valores registrados por el Fluke 1735 y Etap12.6.0 de IMC.....	63

Tabla 31 Valores de resistencia e impedancia	64
Tabla 32 Regulación de voltaje en los tableros de IMC	65
Tabla 33 Regulación de voltaje a demanda máxima	73
Tabla 34 Niveles de luxes para trabajos específicos	74
Tabla 35 Tipo de lámpara usado para iluminación	74
Tabla 36 Luxes en las áreas de producción	76
Tabla 37 Pérdidas de energía en una hora de trabajo en la sección prensas	78
Tabla 38 Indicadores de Desempeño Energético de IMC.....	87
Tabla 39 Objetivos, metas establecidas por IMC.....	88
Tabla 40 Etapas de implementación del SGE	89
Tabla 41 Capacitaciones al grupo responsable del SGE.....	90
Tabla 42 Campañas de concientización sobre el uso y consumo de energía con la norma ISO 50001	91
Tabla 43 Control operacional en la planta de producción.....	92
Tabla 44 Rediseño del sistema eléctrico de IMC.....	93
Tabla 45 Parámetros para los Tableros.....	96
Tabla 46 Tabla de eficiencia de motores	97
Tabla 47 Sustituir de motores de baja eficiencia por equipos más eficientes.....	97
Tabla 48 Reducir la distorsión armónica.....	98
Tabla 49 Rubros por planes de mejora.....	99
Tabla 50 Lista de motores de alta eficiencia.....	100
Tabla 51 Ahorro y tiempo de recuperación por implementar motores IE3.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la empresa Industria Metálica Cotopaxi	2
Figura 2 Organigrama de la empresa IMC.....	2
Figura 3 Ciclo de mejora continua PHVA.....	6
Figura 4 Modelos de sistema de gestión de energía	7
Figura 5 Proceso de Planificación Energética	10
Figura 6 Esquema de diagnóstico energético.....	15
Figura 7 Elementos básicos de un proceso	16
Figura 8 Diagrama de flujo del proceso de paneles.....	17
Figura 9 Diagrama de flujo del proceso de troquelado	18
Figura 10 Diagrama de flujo del proceso de hornos	20
Figura 11 Diagrama de flujo del proceso de puertas	22
Figura 12 Triangulo de potencias.....	26
Figura 13 Registrador trifásico Fluke 1735	29
Figura 14 Multímetro Truper MUT 202.....	30
Figura 15 Luxometro HS1010A.....	31
Figura 16 Máquinas de mayor potencia instalada.....	36
Figura 17 Porcentaje de consumo energético en el Transformador 1	51
Figura 18 Consumo de energía de una semana laboral en T1	51
Figura 19 Crecimiento del consumo de energía de una semana en el T1.....	52
Figura 20 Porcentaje de consumo energético en el Transformador 2	52
Figura 21 Consumo de energía de una semana laboral en T2.....	53
Figura 22 Crecimiento del consumo de energía de una semana en el T2.....	54
Figura 23 Consumo de KW-h por cada mes del medidor 90106	56
Figura 24 Consumo de KW-h por cada mes del medidor 107063	57
Figura 25 Modelamiento de la prensa hidráulica PH-1	61
Figura 26 Modelamiento de una lámpara fluorescente	61
Figura 27 Flujo de potencia del tablero 1 y 2	62
Figura 28 Datos de T1 registrados por Fluke 1735.....	63

Figura 29 Datos T2 registrados por Fluke 1735.....	63
Figura 30 Variación de voltaje en T1 en una semana de trabajo	65
Figura 31 Variación de voltaje en T2 en una semana de trabajo	66
Figura 32 Armónico de voltaje en T1	68
Figura 33 Armónicos de voltaje en T2	68
Figura 34 Histograma de THD A% en el transformador 1.....	69
Figura 35 Armónicos de corriente en T1	70
Figura 36 Histograma de THD A % en el Transformador 2	71
Figura 37 Armónicos de corriente en T2.....	71
Figura 38 Flujo de carga a máxima demanda.....	72
Figura 39 Línea base del transformador 1	80
Figura 40 Línea base del transformador 2	80
Figura 41 Triángulos de potencia en el transformador de 150 KVA.....	94
Figura 42 Triángulos de potencia en el transformador de 50 KVA.....	95
Figura 43 Rediseño del SEP de IMC	96

RESUMEN

En relación a las políticas implementadas en la constitución del Ecuador, que hace referencia a mejorar la eficiencia en el consumo energético en las industrias del Ecuador, en la empresa Industria Metálica Cotopaxi (IMC) se ha realizado un diagnóstico energético usando la norma ISO 50001 para gestionar el uso y consumo eficiente de la energía eléctrica. Industria Metálica Cotopaxi cuenta con seis áreas de producción y mediante el diagrama de Pareto se identificó que la sección con mayor consumo de energía es la de prensado enfocándonos en esta pero sin descuidar a las demás áreas. En el desarrollo del proyecto se aplicó un diagnóstico energético de segundo nivel que consistió en analizar los aspectos energéticos tales como evaluación técnica de equipos, consumo de energía, la producción, facturación y revisión del sistema eléctrico con el fin de identificar balances energéticos y estimación de eficiencias para establecer planes de ahorros de energía. Mediante el levantamiento de carga se elaboró el Sistema Eléctrico de Potencia de IMC, con ayuda del analizador trifásico Fluke 1735 y ETAP 12.6 se identificaron fallas tales como cables sobrecargados, bajos factores de potencia en T1 y T2, excesivas caídas de voltaje en las barras principales y fugas de corriente en el sistema eléctrico. Enfocado en los lineamientos de la Norma ISO 50001 se establecen planes de mejora tales como campañas de concientización y capacitación sobre el uso y consumo de energía, control operacional en la sección prensas con sustitución de motores de baja eficiencia por equipos más eficientes y rediseño del sistema eléctrico de IMC.

PALABRAS CLAVE:

- **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**
- **INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI (IMC)**
- **GESTIÓN ENERGÉTICA**
- **NORMA ISO 50001**

SUMMARY

In relation to the policies implemented in the constitution of Ecuador it does reference to improve the efficiency in the consumption of energy in the industries of Ecuador. Metal Industry Cotopaxi (IMC) an was made energy diagnosis using the ISO 50001 standard for managing the use and efficient consumption of energy electric. Metal Industry Cotopaxi has six production areas and by Pareto diagram was identified that section with more energy consumption is the pressing focusing in this but without neglecting the other areas. In the project applied an energy diagnosis of second level that consisting in analyze the energy aspects such as technical evaluation of equipment, energy consumption, production, billing and review of the electrical system in order to identify and identify energy balances and estimate efficiencies to establish energy savings plans. With the lifting of installed load was developed the Power electric system of IMC. With the help of three-phase Fluke 1735 and ETAP 12.6 failures identified such as overloaded cables, low power factors in T1 and T2, excessive voltage drops were identified in the main bars and leakage current in the electrical system. Focused on the guidelines of ISO 50001 are establishing improvement plans such as awareness campaigns and training on the use and consumption of energy, operational control in the press section with replacement of low efficiency motors more efficient equipment and redesign Electric system of IMC.

KEYWORDS:

- **ELECTROMECHANICAL ENGINEERING**
- **METAL INDUSTRY COTOPAXI**
- **ENERGY MANAGEMENT**
- **ISO 50001**

GENERALIDADES

Antecedentes

Industrias Metálicas Cotopaxi es una Empresa Ecuatoriana dedicada a la fabricación de Paneles, Forjados, Troquelados, Cocinas, Hornos, Amasadoras para eso se ha mostrado un crecimiento en sus instalaciones, en la actualidad funcionan más de 81 máquinas en la jornada laboral.

Como antecedentes no se han realizado auditorías energéticas en la planta de producción por los que se desconoce las condiciones actuales del consumo de energía eléctrica como también de las condiciones del sistema eléctrico, por esta es la razón se desea implantar sistema de gestión de energía con la guía de la norma ISO 50001 y así poder mejorar el desempeño energético en “IMC y optimizar el funcionamiento del sistema.

Planteamiento del problema

En un inicio existía problemas en la planta de producción debido a que se tomaba energía directamente desde la red y las maquinas no funcionaban correctamente, en la actualidad se dispone de dos transformadores propios que alimentan a la planta pero debido a las exigencias en el mercado, la producción debe crecer por lo que se implementaron nuevas maquinaria siendo en total alrededor de 81 máquinas que funcionan en la jornada de trabajo.

Las cargas afectan al sistema en caídas de voltajes, bajos niveles de factor de potencia y posibles sobrecargas en conductores. Obteniendo como resultado perdidas de energías y perdidas económicas.

Mediante la implementación de un SGE usando la norma ISO 50001 se busca:

- Ayudar a la organización a aprovechar mejor sus actuales activos de consumo de energía.

- Crear transparencia y facilitar la comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos.
- Promover las mejores prácticas de gestión de la energía y reforzar las buenas conductas de gestión de la energía.
- Promover las mejores prácticas de gestión de la energía y reforzar las buenas conductas de gestión de la energía.
- Facilitar la mejora de gestión de la energía para los proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Permitir la integración con otros sistemas de gestión organizacional, como ser el ambiental, y de salud y seguridad.

Justificación e importancia

La Norma ISO 50001:2011, establece un modelo para gestionar eficientemente la energía en las plantas industriales, instalaciones comerciales, de servicios y demás organizaciones. Proporciona requisitos para implementar sistemas de gestión de la energía con el fin de reducir consumos, costos energéticos y propender por el mejoramiento ambiental.

Se pretende reducir los costos operaciones, evitar que las máquinas sufran daños por posibles fallos eléctricos entre otros factores más y mantener un nivel de seguridad, confiabilidad y calidad en la planta de producción como también la finalidad de conducir a reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero, el costo de la energía, y otros impactos ambientales relacionados, como también mediante un SGE proponer un mejor aprovechamiento de todos los elementos de las instalaciones con criterios de eficiencia energética.

Objetivo General

Diseñar un Sistema de Gestión Energética en la Empresa Industria Metálica Cotopaxi aplicando la Norma ISO 50001 para reducir consumos energéticos.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico energético en el sistema eléctrico con diagramas de flujo o layouts de los procesos operacionales.
- Analizar la calidad de energía eléctrica en la Empresa Industria Metálica Cotopaxi.
- Revisar el uso de la energía en la Empresa Industria Metálica Cotopaxi.
- Establecer planes de mejora para el consumo eficiente de energía.

Metas

- Realizar un diagnóstico energético con un levantamiento de información en campo en dos semanas.
- Realizar el flujo de potencia o layouts de los procesos operacionales en el software ETAP en mes y medio.
- Diseñar un sistema de gestión energética en base a la situación actual del sistema eléctrico de la planta en mes y medio.
- Elaborar planes de eficiencia energética en la planta en dos semanas.
- Establecer una metodología para reducción de consumo de energía para evitar pérdidas en mes y medio.

CAPÍTULO I

ÁREA DE ESTUDIO

1.1 Introducción.

Desde sus inicios hasta la fecha actual en Industria Metálica Cotopaxi no se han realizados diagnósticos energéticos en la planta de producción. Mediante el diagnóstico energético se pretende conocer la eficiencia energética, calidad de energía eléctrica en la planta de producción como también establecer planes de mejora para reducir el consumo de energía eléctrica.

Se realiza un análisis de los principales consumos de energía en planta de producción debido que la empresa se encuentra en un constante crecimiento económico y tecnológico, incrementado así el consumo de energía eléctrica, por lo que es importante identificar si existe un uso irracional de la misma y buscar alternativas que permita gestionar eficientemente la energía en la planta de producción.

Debido a estos antecedentes se busca gestionar la energía de la planta de producción con la norma ISO 50001, donde se especifica los requisitos aplicables al uso y consumo de energía, incluyendo la medición, documentación y presentación de informes, las prácticas de diseño y adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal que contribuyen a la eficiencia energética

1.2 Descripción general de la Empresa “IMC”.

Industria Metálica Cotopaxi se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, en el sector norte de ciudad de Latacunga en la parroquia de San Buenaventura-barrio San Silvestre como se muestra en la figura 1, en el anexo A se muestra los planos de la infraestructura de IMC.



Figura 1 Ubicación de la empresa Industria Metálica Cotopaxi

Fuente: (Maps, 2015)

La planta de Industria Metálica Cotopaxi está dedicada a la fabricación y comercialización de Paneles, Troquelados, Hornos para pan, Cocinas, Puertas entre otros productos comercializados a nivel nacional con diseños innovadores, fabricados con tecnología de punta y mano de obra calificada con materia prima de calidad.

1.2.1 Organigrama estructural Industria Metálica Cotopaxi

En la figura 2 se muestra la organización de la empresa en forma esquemática, la posición de las áreas que la integran y sus niveles jerárquicos.

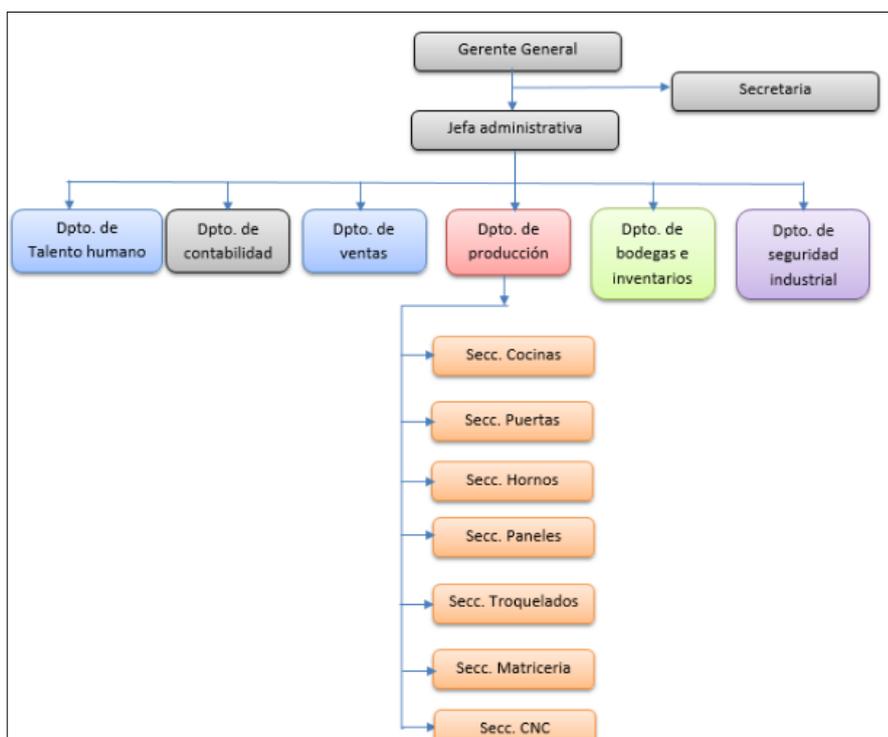


Figura 2 Organigrama de la empresa IMC

1.3 Sistema de gestión energética.

Es el conjunto de elementos de una organización interrelacionadas entre sí para establecer políticas, objetivos, metas y planes para obtener buenas prácticas de uso adecuado de la energía y proponer mejoras.

1.3.1 Importancia del sistema de gestión energética.

Entre los puntos de más importancia se encuentran:

- a) Asegurar el suministro de energía en todos los sectores de la organización, manteniendo una producción constante.
- b) Reducir la emisión de gases de efecto invernadero en voluntad de cumplir con los compromisos del protocolo de Kioto.
- c) Establecer una política y establecer objetivos, metas y planes de acción para establecer una eficiencia energética y ahorro energético.

1.3.2 Industria y la gestión energética.

El gobierno ecuatoriano, a través del Ministerio y Energías Renovables (MEER), tiene como uno de los principales objetivos mejorar el desempeño energético del sector industrial, para lo cual implementa el Proyecto: "Eficiencia Energética para la Industria (EEI)" entre los principales alcances del proyecto tenemos:

- Talleres para gerentes en uso eficiente de la energía – 200 industrias.
- Formación de 200 miembros del personal de fábrica en conceptos básicos de sistemas de gestión de energía y optimización de sistemas, de los cuales al menos la mitad sean PyMEs.
- 50 profesionales de la Eficiencia energética (EE) reciben una formación como expertos en Sistemas de Gestión de Energía.
- 50 profesionales de la EE reciben una formación como expertos en Optimización de Sistemas Eléctricos Motrices y de Vapor.
- Los expertos formados como implementadores de Sistemas de Gestión de Energía trabajan con 50 instalaciones industriales en las que se implemente por completo dichos sistemas.
- Los expertos formados como Optimizadores de Sistemas realizan 25 evaluaciones detalladas en sistemas energéticos en las instalaciones industriales.

- De las 25 evaluaciones detalladas se seleccionan 10 proyectos para su implementación de optimización eléctrica o de vapor. (MEER, 2015)

1.3.3 Beneficios a nivel medioambiental.

El uso correcto de la energía permite:

- La reducción de la demanda de recursos para la generación de la misma permitiendo ser amigable con el medio ambiente y ayudando a su sustentabilidad.
- Reducciones voluntarias de gases de efecto invernadero.
- Mitigación del impacto ambiental asociados a los recursos energéticos.
- Desarrollo de proyectos en función a reducción del impacto ambiental.
- Tratamiento adecuado de los desperdicios o residuos de la producción.

1.3.4 Beneficios económicos del ahorro energético.

Un SGE permite ahorro de costes generando un efecto diferenciador frente a los competidores.

- Reducción de un porcentaje elevado del consumo de energía total de los procesos productivos.
- Incorporación de un gran número de medidas correctivas a corto plazo con bajas inversiones.
- Acciones de mejora continua con retornos económicos directos.
- Optimización de equipos instalados.

1.4 Norma ISO 50001

El 11 de octubre del 2011, la organización internacional de normalización (ISO) publicó la norma ISO 50001, este documento especifica los requisitos para implementar un sistema de gestión energética, cuyo objetivo es “permitir a una organización mejorar la eficiencia energética, el uso de energía y el consumo”. (AChEE, 2013)

ISO empezó a gestarse en 2008, en el seno del comité PC 245, grupo que ha estado liderado por la organización estadounidense ANSI y la brasileña ABNT, en la que han participado 23 países y doces han sido observadores. En el mismo año fue adoptada a nivel denominándose UNE-EN ISO 50001:2011.

La norma ISO 50001, es aplicable a todo tipo de organización, independientemente de su dimensión, actividad o localización geográfica. Esta normativa no establece requisitos para el desempeño energético más allá de los compromisos en mejora continua que se establecen en la política energética y del cumplimiento de los requisitos legales aplicables. Según la ISO-50001, el concepto de desempeño energético incluye el uso de la energía, la eficiencia energética y el consumo energético, por lo que la organización puede actuar en un amplio rango de actividades de desempeño energético.

La Norma ISO 50001 permite a las organizaciones que trabajan bajo sus lineamientos acatar la legislación vigente, promover el quehacer de los gestores energéticos, e para implantar y realizar el seguimiento de actuaciones fruto de auditorías energéticas. Por añadidura se permite ahorrar costes en energía a causa de las mejoras existentes en el rendimiento energético y, por lo que la competitividad de las organizaciones irá en aumento, disminuyendo el consumo de energía y permitiéndose el ingreso hacia nuevos mercados y nuevos clientes que exigen el cumplimiento de esta normativa, en la figura 3 se muestra el ciclo de la mejora continua.

Actualmente, numerosas organizaciones europeas de distintos tamaños y muy variado campo de actividad, han sido certificadas por su sistema de gestión energética. Destaca la variedad de empresas procedentes de diversos sectores, lo que puede dar una idea del valor añadido que proporciona a las organizaciones la gestión energética, independientemente de su sector de actividad o tamaño.

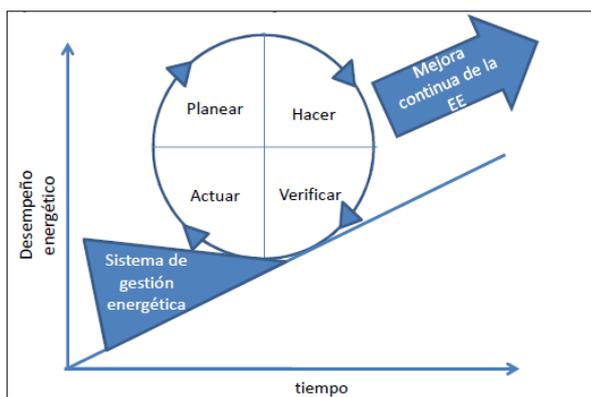


Figura 3 Ciclo de mejora continua PHVA

Fuente: (ISO50001, 2011)

Planificar: Se centra en entender el comportamiento energético de la organización para establecer controles y objetivos mediante la línea base de la energía.

Hacer: Implementar procedimientos con el fin de controlar y mejorar los planes de acción de la gestión de la energía.

Verificar: Monitorear y medir los procesos para determinar las características claves de las operaciones para informar y reportar los resultados.

Actuar: Tomar acciones para mejorar el desempeño energético del SGE en base a resultados.

1.4.1 De qué trata la norma ISO 50001.

Orientados a “organizaciones grandes y pequeñas en el sector público y privado, en la manufactura y los servicios para gestionar la energía” (AChEE, 2013)

La ISO 50001:2011 proporciona un marco de requisitos como se muestra en la figura 4 que permite a las organizaciones:

- Desarrollar una política para un uso más eficiente de la energía.
- Fijar metas y objetivos para cumplir con la política.
- Utilizar datos para entender mejor y tomar decisiones sobre el uso y consumo de energía.
- Medir resultados.

- Revisar la eficacia de la política.
- Mejorar continua de la gestión de energía

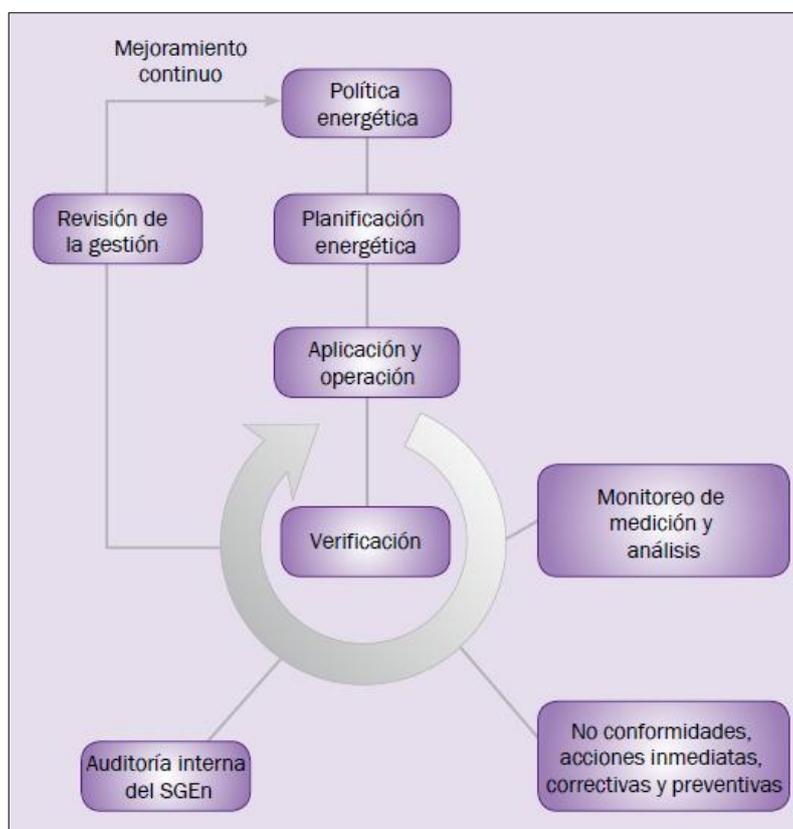


Figura 4 Modelos de sistema de gestión de energía

Fuente: (ISO50001, 2011)

1.4.2 Importancia de la norma ISO 50001.

La energía representa un costo importante en la organización y mejorando o maximizando el rendimiento energético este brindara reducción tanto en el costo de la energía como en el consumo, “contribuye en la reducción del agotamiento de los recursos energéticos y la mitigación de los efectos tal como el calentamiento global”. (AChEE, 2013)

1.4.3 Alcance y requisitos de la norma ISO 50001.

El objeto de la Norma UNE-EN ISO 50001:2011 es especificar los requisitos para desarrollar y mantener un sistema de gestión de la energía, esto permite que la organización posea un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, que incluye conceptos como la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía.

La norma especifica los requisitos aplicables a usos y consumos de la energía, a partir de los que se establecen las actividades de medición, documentación e información, las prácticas para el diseño y adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal que contribuyen al desempeño energético, y se aplica a todas las variables que afectan al desempeño energético que puedan ser controladas por la organización y sobre las que pueda tener influencia (ISO50001, 2011)

El desempeño energético, es la necesidad de identificar e inventariar todas las instalaciones consumidoras, almacenadoras o generadoras de energía, los equipos que las constituyen y todos los tipos de formas de energía consumidas en ellas. Esta, en el fondo, es otra manera de expresarlo que en anteriores normas europeas o de diferentes países se denominaba “identificación de aspectos energéticos”, que ahora se desdobra en usos y consumos de energía.

Pero el desempeño energético incluye, además, la necesidad de establecer unos indicadores que describan la evolución de las diferentes tendencias observadas de parámetros energéticos de interés para la organización. Esta parte del concepto de desempeño energético recoge la necesidad de “establecer sistemas de medida y tratamiento de datos de dichos parámetros para traducirlos a unos indicadores que faciliten la interpretación de la evolución de la optimización energética en la organización” (ISO50001, 2011)

Ventajas

- Proporciona a las organizaciones la forma de integrar la eficiencia energética a las prácticas actuales de gestión.
- Proporciona una metodología lógica y coherente para la identificación y la aplicación de mejoras de la eficiencia energética que contribuyan a la mejora continua de la misma en las instalaciones de la organización.
- Ofrece orientación para definir la línea base, medir, documentar e informar las mejoras en los indicadores de desempeño energético y su impacto sobre las reducciones de las emisiones de GEI.

- Crea transparencia y normalización en la gestión energética donde actualmente no existe, facilitando el reconocimiento y generalización de las mejores prácticas de dicho tema.

A continuación se describen los requisitos de la norma ISO 50001

a. Gestión de la responsabilidad

Funciones responsabilidad y autoridad. La alta dirección designará un representante para la gestión de la energía, quien apoyará la implementación de este sistema de gestión durante todas las etapas. La alta dirección debe promover la participación, motivación, reconocimiento de los empleados. Deberá promover las actividades del equipo para lograr mejoras del desempeño energético.

Política energética. La política energética es la controladora del SGE, y del desempeño energético de la organización. La política energética es una declaración de la intención de la empresa para lograr una mejora en el desempeño energético.

b. Planeación energética

Revisión energética. Comprender y analizar el consumo y desempeño energético, y la determinación de oportunidades de mejora.

Línea base energética Determinar el comportamiento energético actual de la organización y actué como referencia al momento de implementarse el SGE.

Indicadores de eficiencia energética. Establecer indicadores de desempeño energético para el monitoreo del desempeño energético de la organización, son cuantificables.

c. Implementación y operación

Competencia, formación y sensibilización La organización define las competencias y las necesidades organizativas. Todas las personas que trabajen en la organización deben estar conscientes de la importancia del desempeño energético, en la figura 5 se muestra el proceso de planificación energética especificada por la ISO 50001.

Documentación. Mantener documentados todos los procesos, procedimientos, instructivos y registros para asegurar el correcto funcionamiento del SGE

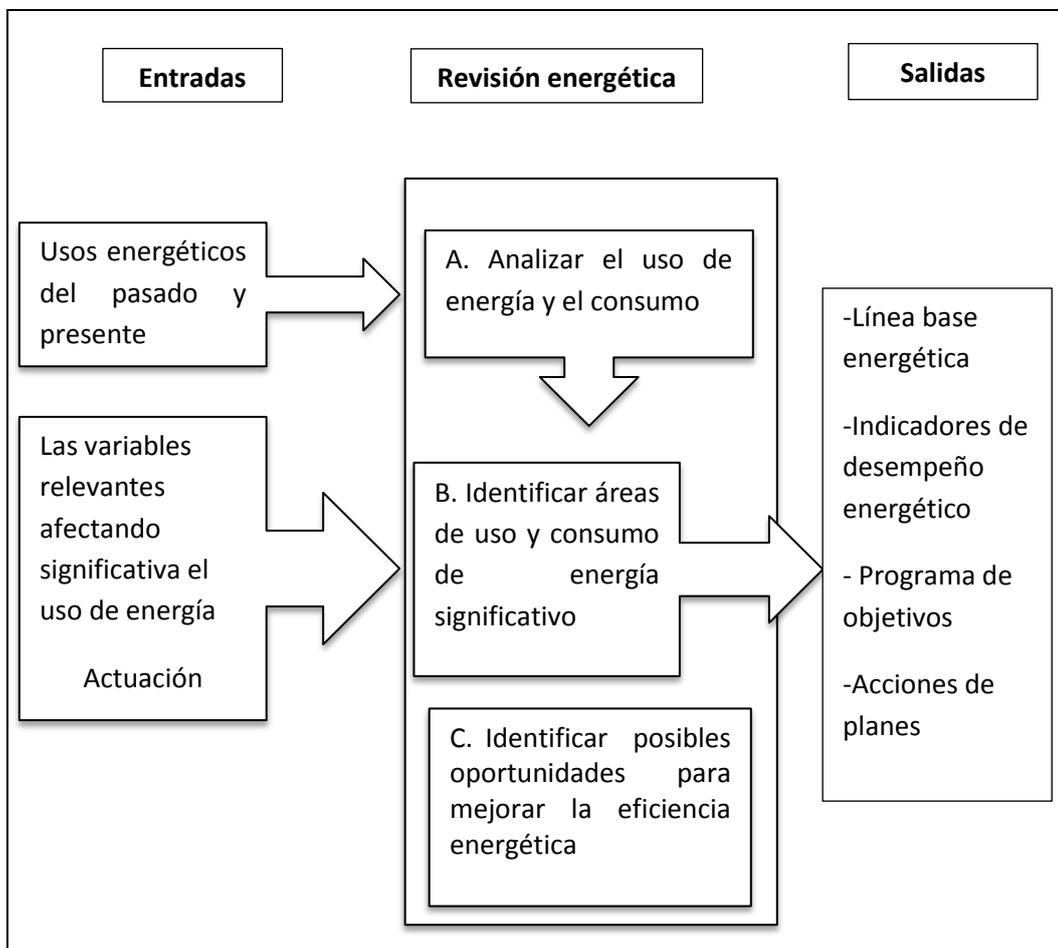


Figura 5 Proceso de Planificación Energética

Fuente: (ISO50001, 2011)

d. Fundamento Legal

En los últimos años, en el Ecuador se han dado varios cambios significativos a nivel legislativo y regulatorio, como fue en el (2008), la aprobación de la nueva Constitución, que posee varios artículos que promueve la eficiencia energética de las cuales tenemos:

Art. 413 El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Mediante decreto Ejecutivo No. 1681 firmado por el presidente de la República Economista Rafael Correa dispuso que:

Las entidades y organismos de la Administración Pública Central deben implementar tecnologías de eficiencia energética, así como programas de capacitación sobre uso racional de la energía dirigidos a todos sus funcionarios.

El Decreto señala que todas las instituciones gubernamentales deben conformar un Comité de Eficiencia Energética que asumirá la labor de implementar medidas de ahorro energético, en coordinación con la Dirección de Eficiencia Energética del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).

También existen normas técnicas ecuatorianas voluntarias de eficiencia energética tales como:

- NTE INEN 2498 “Eficiencia Energética en motores eléctricos estacionarios”
- NTE INEN 2506 “Eficiencia Energética en Edificaciones”
- NTE INEN 2567 “Eficiencia Energética en cocinas de inducción de uso doméstico. Requisitos”
- NTE INEN 2555 “Seguridad en cocinas de inducción”

Junto con el COMEX se ha gestionado las siguientes resoluciones:

Resolución COMEXI 505: Se emitió dictamen favorable para el diferimiento arancelario (0% advalorem) de lámparas compactas fluorescentes compactas (focos ahorradores) de rango A (alta eficiencia) así como para tubos fluorescentes T5 y T8 de mayor eficiencia.

Resolución COMEXI 529: Se prohíbe las importaciones de focos incandescentes entre 25 y 100W de uso residencial a partir de enero de 2010.

En el marco del proyecto Eficiencia Energética en la Industria ejecutado por el MEER con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial

(FMAM) a través de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), se adoptó la norma ISO 50001, como NTE INEN ISO 50001 “Sistemas de Gestión de Energía. Requisitos con orientación para su uso”.

En el Plan Nacional del buen vivir, se presentan políticas relacionadas con la eficiencia energética

- a) Aplicar programas e implementar tecnologías orientadas al ahorro y a la eficiencia de las fuentes actuales y a la soberanía energética.
- b) Aplicar esquemas tarifarios que fomenten la eficiencia energética en los diversos sectores de la economía.

1.5 Herramientas para establecer SGE.

Existen varias herramientas que se utilizan para establecer un Sistema de Gestión Energética, las que permiten interpretar los resultados, brindando:

- Solución efectiva de problemas.
- Mejoramiento de procesos.
- Establece control en las operaciones de procesos

1.5.1 Diagrama de flujo

Esta herramienta es fundamental por facilitar la comprensión del proceso, identifica problemas y da oportunidades de mejorar mediante rediseño de procesos. Para analizar un proceso y conocerlo con detalle se lo debe representar en un diagrama de flujo. (Ruiz & Falcón, 2009)

Se debe realizar diagramas de flujo lo más simple para facilitar su comprensión y existen tres tipos de diagramas:

- **Diagrama de alto nivel.** Sirve para centrar el proceso en su contexto, utiliza el **SIPOC** (Supplier Input Process Output Customer).
- **Diagrama de despliegue.** Es esta se define entradas y salidas de cada uno de los procesos.
- **Diagramas básicos.** Describe una actividad, determina posibilidades de error.

1.5.2 Diagrama de causa-efecto.

Es conocido como diagrama de espina de pescado su propósito “identificar y organizar posibles causas a problemas para asegurar el éxito dentro de algún proyecto mediante una lluvia de ideas se las clasifica en forma jerárquica y se va registrando las causas y sus efectos”. (Fukui, Honda, Inoue, Miyauchi, & Yagi, 2003)

1.5.3 Histogramas

Los histogramas está recomendado como análisis inicial en todas las tomas de datos que corresponden a una variable continua. (Ikeda Kiyohiro, 2010) Permite clasificar datos de acuerdo a variables de interés como también visualizar una tabla de datos en aspecto de distribución.

1.5.4 Check list o lista de verificación.

Herramienta utilizada para procedimientos rutinarios establecidos, contruidos para recolectar datos, deben ser cortas y lo más sencillas posibles. “Las hojas de verificación para actividades individuales o funciones específicas deben incluir todas las acciones clave en una secuencia temporal lógica para el desarrollo y adecuado cumplimiento de cada tarea”. (Fukui, Honda, Inoue, Miyauchi, & Yagi, 2003)

1.5.5 Diagrama de Pareto.

Son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en porcentaje.

En el diagrama de Pareto se aplica la ley 80 – 20 que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado. Como también brinda soluciones en cuanto asigna prioridades para optimizar resultados e identifica las causas claves de un problema.

1.5.6 Diagramas de dispersión.

Los diagramas de dispersión “es una representación gráfica de la relación entre dos variables, muy utilizada en las fases de comprobación de teorías e identificación de causa de raíz y en el diseño de solución y

mantenimiento de los resultados”. (Fukui, Honda, Inoue, Miyauchi, & Yagi, 2003)

1.5.7 Gráficos de control.

Las gráficas de control permiten evaluar si un proceso de fabricación, servicio o proceso administrativo está o no en estado de control estadístico, es decir, “evaluar la estabilidad de un proceso. Se establece un límite superior e inferior que son los límites de capacidad del sistema, permitiendo vigilar la variación de un proceso en el tiempo”. (Ikeda Kiyohiro, 2010)

1.6 Auditorías energéticas en el sector industrial.

En la actualidad el INER ha establecido auditorías energéticas en las que se identifican tres diferentes tipos:

- **Tipo 1:** Evaluación visual, resultados de baja inversión o corto periodo de retorno a la inversión.
- **Tipo 2:** Evaluación de equipos y procesos representativos, resultados a corto y mediano plazo.
- **Tipo 3:** Evaluación de todos los procesos y equipos, resultados son proyectos de inversión elevados.

Con la finalidad de analizar procesos productivos y el uso global de la energía y como resultado se tendrán ahorro energético y mejorará la eficiencia energética de la planta. Esto significa que el estudio técnico explicará si se puede ahorrar en gasto energético o no. Y en caso de existir margen de ahorro explicará dónde y cómo se puede conseguir.

1.6.1 Diagnóstico energético.

En Industria Metálica Cotopaxi se aplicará un diagnóstico de segundo nivel, donde se revisará los siguientes puntos:

Análisis de los aspectos energéticos, en equipos y sistemas principales

- Consumo
- Producción
- Facturación

Y mediciones eléctricas con instrumentos como:

- Analizador
- Multímetro

- Luxómetro

Donde se determina el potencial de ahorro de energía con:

- Balances energéticos
- Estimación de eficiencias
- Identificación de nuevas tecnologías

Y finalmente el análisis técnico- económico de las medidas a implementarse:

- Relación costo beneficio y tiempo de recuperación de 7 meses a 3 años de recuperación.
- Implementación de los planes de ahorro de energía. (INER & EGRANCONEL, 2005)

En la figura 6 se muestra el esquema del diagnóstico energético.

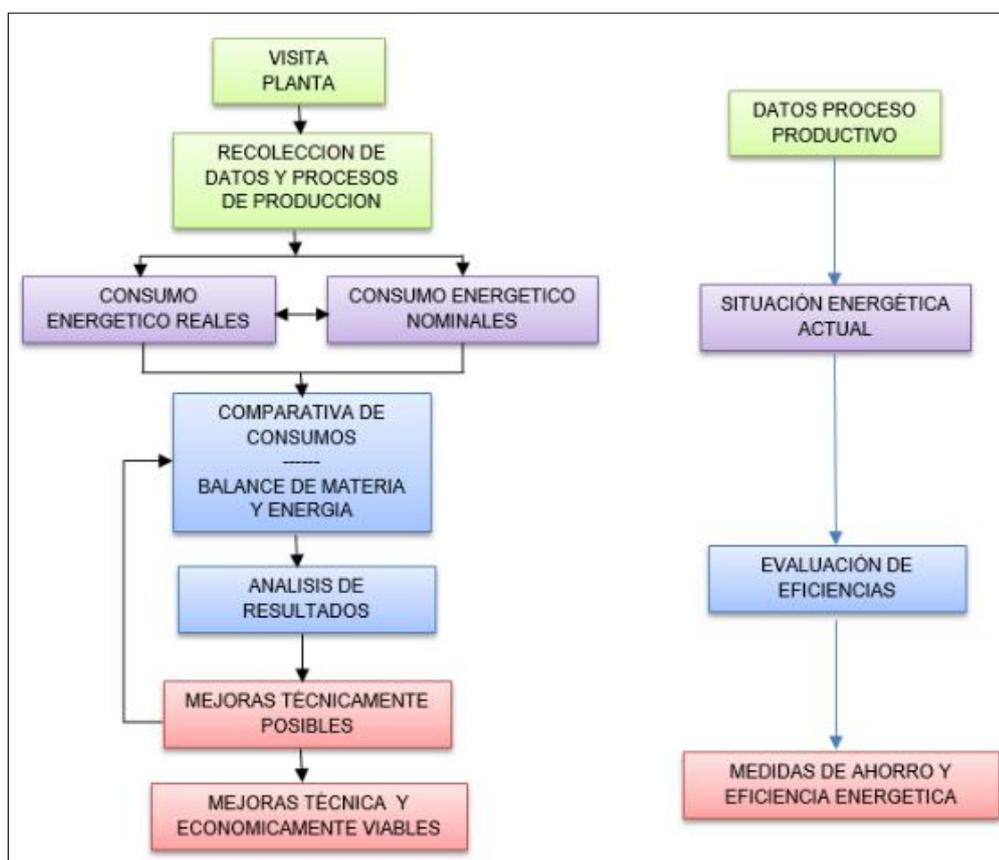


Figura 6 Esquema de diagnóstico energético

Fuente: (ISO50001, 2011)

1.7 Descripción del proceso de producción

Un “Proceso” es conocido como “conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”. Estas actividades requieren la asignación de

recursos tales como personal y material. La figura 7 muestra el proceso genérico.



Figura 7 Elementos básicos de un proceso

Fuente: (ISO9001, 2008)

El proceso de producción se da por las máquinas que se encuentran conectadas a los transformadores de 150 y 50 KVA respectivamente a un nivel de voltaje de 13.8/0.22 KV. La empresa ofrece la producción de varios productos para todos sus clientes a nivel nacional cumpliendo con los índices de calidad. A continuación se detalla las 6 líneas de producción con sus respectivas actividades y diagrama de procesos

1.7.1 Producción en sección paneles

Para la línea de producción en paneles se ofrece varios modelos a diferentes medidas, la empresa cuenta con infraestructura y maquinaria especializada en prensado y corte.

Las actividades en esta sección son corte de la materia prima en la guillotina, montaje de matriz, prensado y almacenamiento, en la figura 8 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de paneles.

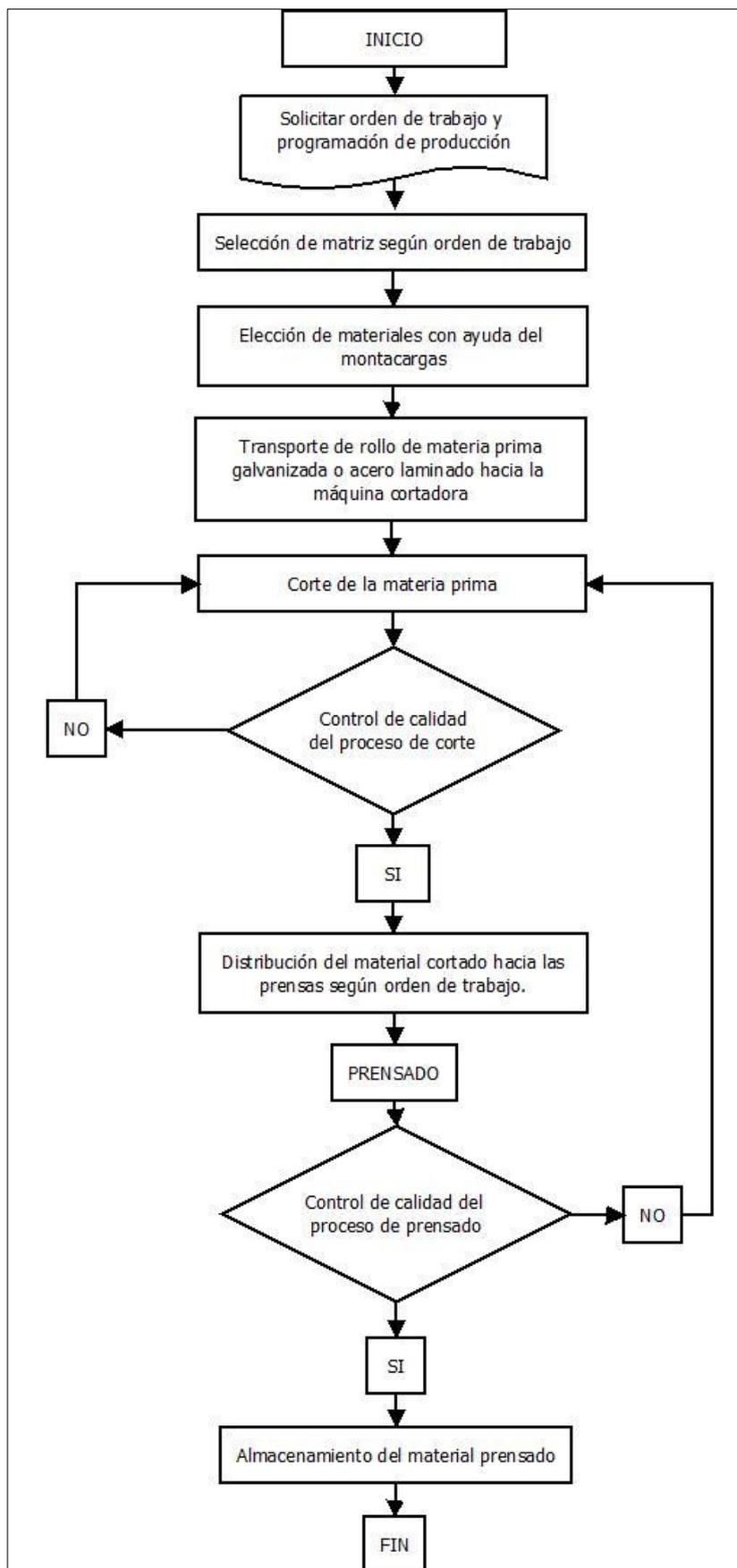


Figura 8 Diagrama de flujo del proceso de paneles

1.7.2 Producción en sección troquelado

Para la elaboración de flores de cinco puntas, girasoles, hojas de una punta media, rosetas, bujes grandes, barrotes, platinas martilladas etc. Planta cuenta con maquinaria de suelda y de troquelado de figuras, en la figura 9 se muestra el diagrama de flujo para el proceso de troquelado.

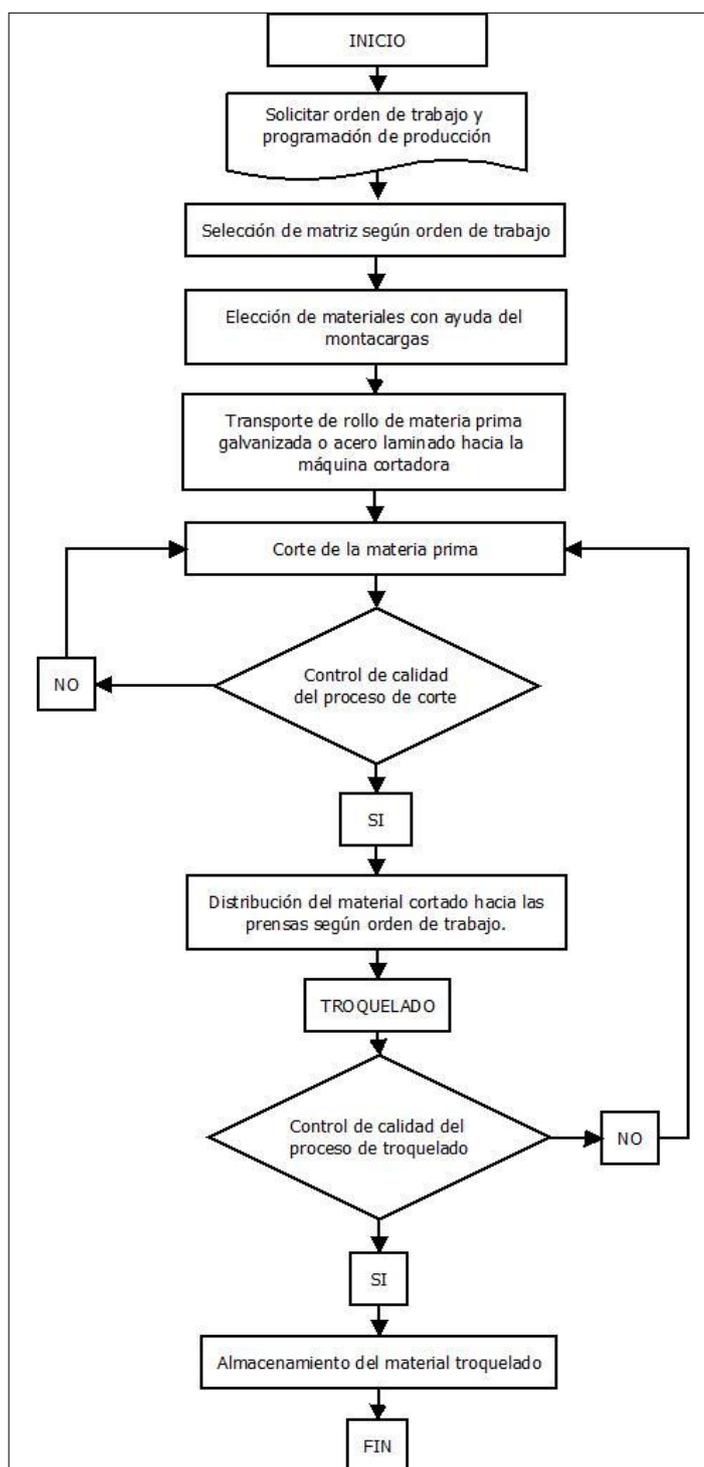


Figura 9 Diagrama de flujo del proceso de troquelado

1.7.3 Producción en sección hornos

En la línea de producción de la sección hornos se elaboran diferentes productos como hornos rotativos para pan de 10 latas, 15 latas, 18 latas, 20 latas, 36 latas, 40 latas, se usa maquinaria de punta como cortadoras de hilo CNC, cortadoras de plasma CNC, punzonadora CNC, sueldas eléctricas, sueldas mig, sueldas tig, entre otras más disminuyendo así los tiempos en producción y facilitando el desarrollo de actividades tales como:

- Trazado y preparado de la base
- Corte de la materia prima por plasma CNC
- Corte de materia prima en la guillotina
- Mecanizado de piezas en el torno
- Cortado y trazado de MP en la punzonadora CNC
- Doblado del material
- Soldado de la estructura del horno
- Ensamble
- Instalación del sistema de plomería para el vapor.
- Instalaciones eléctricas
- Montaje del caldero
- Fabricación de serpentín y caja para el sistema de vapor
- Puesta de lana de vidrio
- Montaje de motores
- Montaje eléctrico
- Terminados generales
- Y prueba de funcionamiento.

En la figura 10 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de hornos.

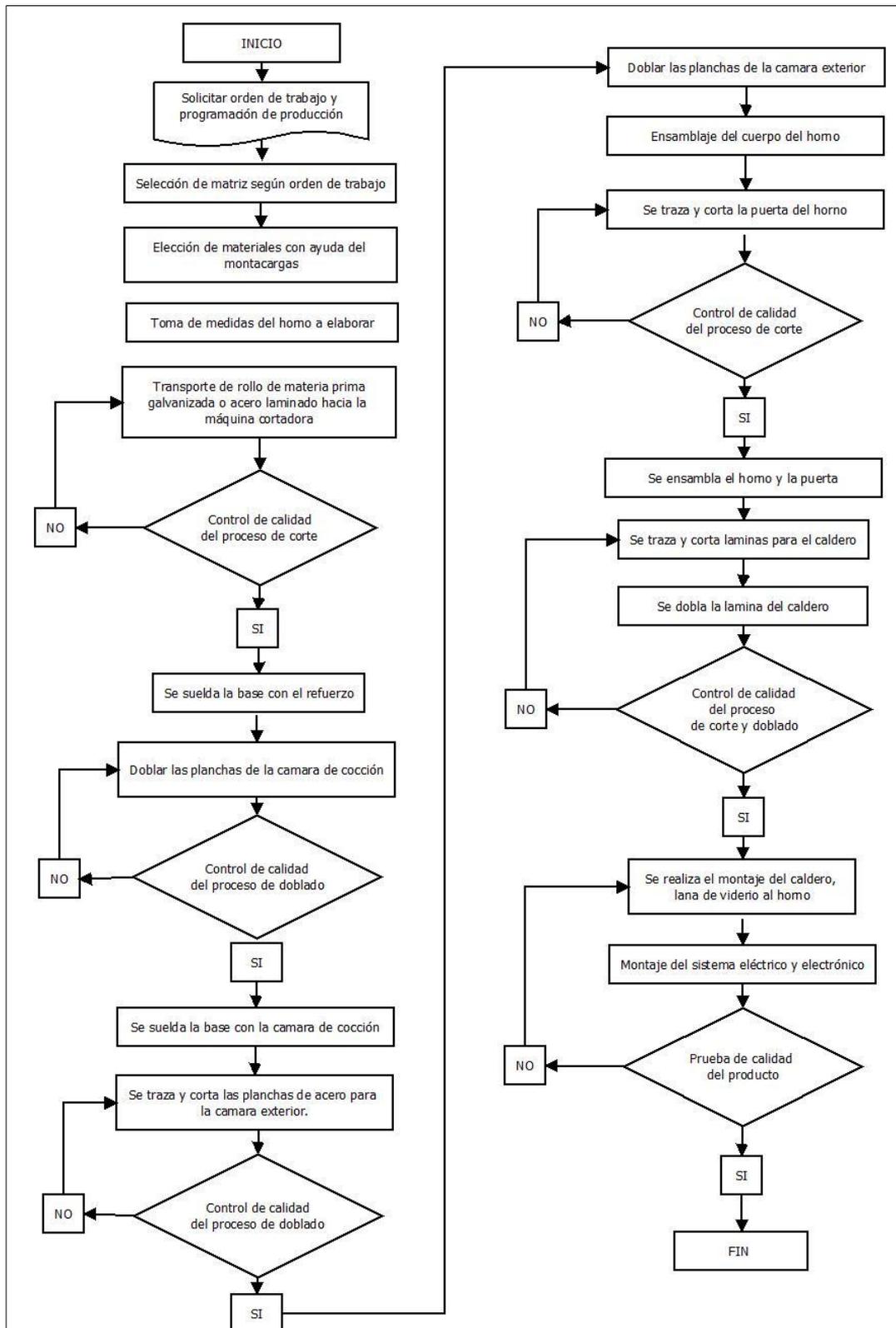


Figura 10 Diagrama de flujo del proceso de hornos

1.7.4 Producción en sección cocinas

Para la producción de cocinas industriales, amasadoras, batidoras, peladoras de papas, peladoras de pollos entre otras la sección cuenta con maquinaria como sueldas eléctricas, sueldas mig, sueldas tig entre otras, permitiendo brindar un producto de calidad a sus clientes cumpliendo las siguientes actividades detalladas a continuación:

- Corte de materia prima en la guillotina
- Trazado y doblado de la materia prima.
- Soldado de la estructura
- Armado del dosificador del gas
- Ensamblaje general de la cocina

Producción sección puertas

Para la línea de producción de puertas paneladas se usan paneles elaborados en la sección de prensado y para elaborar puertas lanfort se usa láminas de acero galvanizado, la sección cuenta con maquinaria como sueldas eléctricas, sueldas mig, desenrolladoras, flejadoras, esmeril etc. Permitiendo cumplir con las siguientes actividades:

- Corte de materia prima
- Preparado y doblado de las planchas prensadas.
- Emsamble
- Soldado
- Pintado y terminado
- Y instalación del producto

En la figura 11 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de puertas. Industria Metálica Cotopaxi se encuentra dedicada a la elaboración de productos en base a acero, en las seis líneas de producción IMC ofrece a sus clientes productos de alta calidad que cumplan con la correcta fabricación de todos los productos que estén a su cargo y revisar que los productos cumplan con los estándares de calidad.

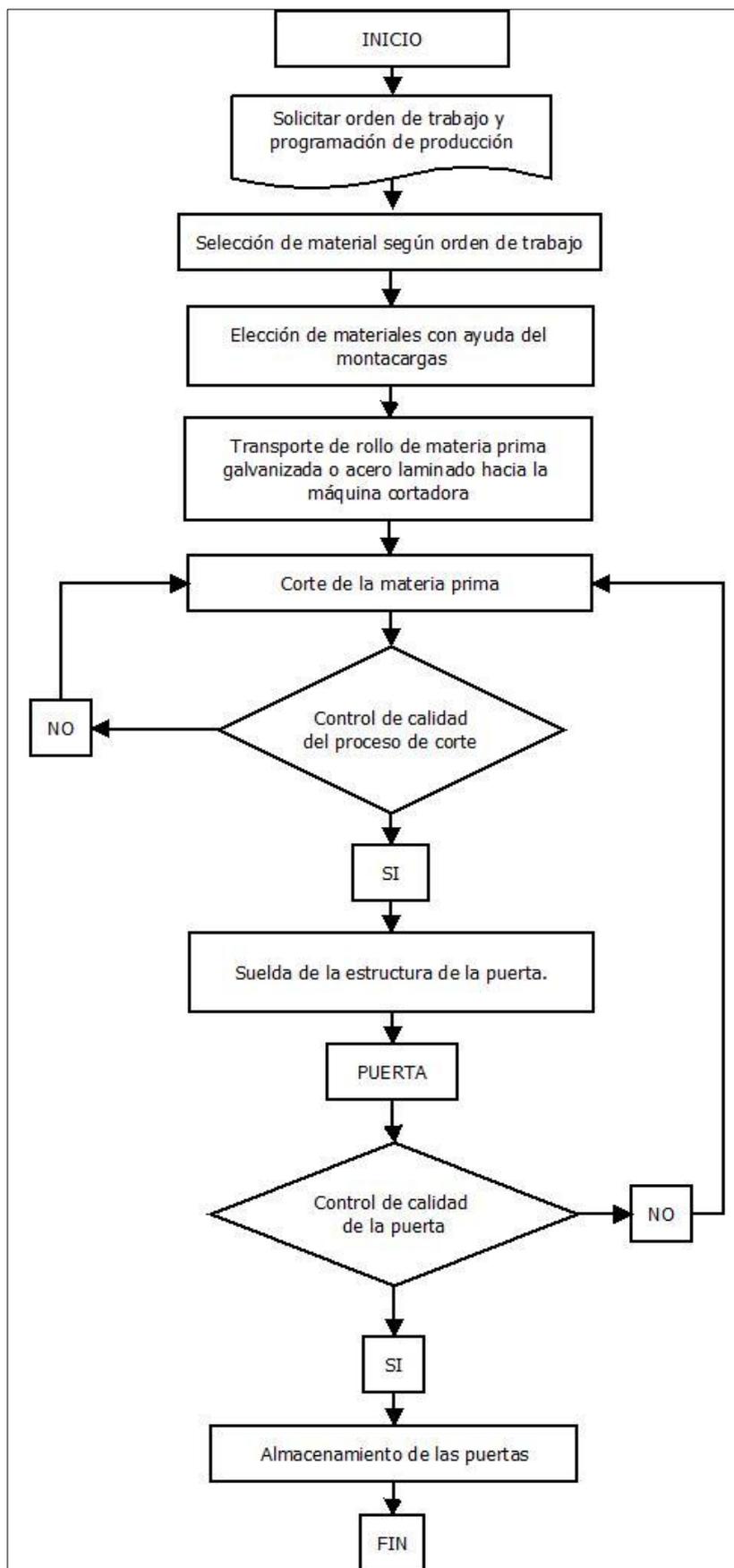


Figura 11 Diagrama de flujo del proceso de puertas

1.8 Causas que inciden en el consumo de energía.

Una planta de producción puede estar afectada por varios factores que indiquen en recargos en la facturación del servicio eléctrico a continuación se detallan los mismos.

1.8.1 Calidad del producto referente al suministro eléctrico.

Mediante la resolución No. 004/01 de ARCONEL los parámetros a considerar en la calidad del producto son:

- Nivel de voltaje
- Perturbaciones
- Efecto flicker y factor de potencia. (ARCONEL, 2015)

a. Nivel de voltaje.

Voltaje conocido como la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. El nivel de voltaje se conoce como el porcentaje de caída de voltaje de una línea con referencia al voltaje de la carga. Se aplica la siguiente expresión algebraica: (OKONITE, 2010)

$$V = \frac{100(V_S - V_L)}{V_L}$$

Ec. 1

Donde:

V = Regulación de voltaje en porcentaje

V_L = Voltaje a través de la carga

V_S = Voltaje en la fuente.

V_S depende de la resistencia y reactancia del conductor como también del factor de potencia de la carga.

$$V_S = \frac{V_L \cos\theta + RI}{\cos\theta} + \frac{V_L \sin\theta + XI}{\sin\theta}$$

Ec. 2

Donde:

θ = Ángulo de desfase entre voltaje y corriente

$\cos\theta$ = Factor de potencia de la carga

R = Resistencia del conductor

X = Reactancia del conductor

I = Corriente de la carga

La fórmula aproximada para la caída de voltaje es la siguiente:

$$V_s - V_L = RI \cos\theta + XI \sin\theta$$

Ec. 3

Como también de mediciones que se las realiza cada 10 minutos y establecer límites de caídas de voltaje que se indica en la tabla 1.

Tabla 1

Límites de variación de voltaje según el ARCONEL

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

Fuente: (ARCONEL, 2015)

b. Armónicos.

Los armónicos son frecuencias constituidas por múltiplos enteros de una frecuencia fundamental. Son ondas no sinusoidales o distorsionadas múltiplos de una frecuencia fundamental creadas por cargas no lineales. Los armónicos generan problemas tanto para los usuarios como para las empresas distribuidoras, incrementa las pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de los sistemas de protecciones, daño en los aislamientos, disminución de la vida útil de los equipos, entre muchos otros.

Entre los principales efectos que se tiene por los armónicos se tiene los siguientes:

- El conductor aumento de la corriente y pérdidas por efecto joule ocasionando el desgaste del aislamiento del cable.
- En las máquinas eléctricas circula la corriente armónica por los devanados, aumentando las perdidas por Histéresis y Foucault, como también ocasionando vibraciones en el eje desgastando rodamientos.
- En los banco de capacitores puede ocasionar resonancia y amplificación de armónicos sus efectos son calentamiento, envejecimiento y destrucción de los condensadores.

La norma IEC 61000-4-7 proporciona los procedimientos específicos para realizar las mediciones de armónicos. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive, ver tabla 2 para conocer los milites de THD permitidos en las regulación del ARCONEL.

Tabla 2

Valores límites de THD por regulación el ARCONEL.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i $ o $ THD $ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6 \cdot 25/n$	$0.2 + 1.3 \cdot 25/n$
Impares múltiplos de tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

Fuente: (ARCONEL, 2015)

c. Factor de potencia

Conocido como coseno de "fi" ($\cos \phi$) representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y

la potencia total consumida por la carga, en la figura 12 se muestra el triángulo de potencias.

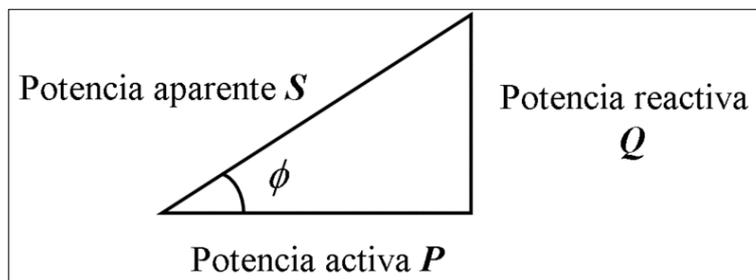


Figura 12 Triangulo de potencias

Del triángulo de potencias se deduce la ecuación 1.4, la siguiente formula permite calcular el coseno de “fi” (Cos ϕ).

$$\text{Cos } \phi = \frac{P}{S} = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}} = \frac{\text{kW} - h}{\text{kVA} - h} = \frac{P_1}{P_1^2 + Q_2^2}$$

Ec. 4

Donde mantener un $\text{fp}=1$ es lo correcto, según la resolución (ARCONEL, 2015) “se debe realizar mediciones en consumidores y si el valor del factor de potencia es inferior al límite de 0.92, el consumidor incumple con el índice de calidad y sufre penalizaciones”.

1.8.2 Mantenimiento

El mantenimiento y RCM significa conservar su estado existente o conservar cada cosa de su ser para que el activo continúe haciendo lo que el usuario quiera que haga.

(Moubray, 2004) Dice “El mantenimiento asegura que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieran que hagan”.

(Moubray, 2004) Dice “El mantenimiento centrado en la confiabilidad es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieran que haga en su contexto operacional actual”.

a. Mantenimiento Correctivo

Es el conjunto de actividades destinadas a reparaciones y sustitución de elementos deteriorados, rotos, cuando aparece el fallo en el activo. Este tipo

de mantenimiento se da de forma inesperada ocasionando gran capital en piezas de repuesto.

b. Mantenimiento Preventivo

Es el conjunto de actividades ya programadas para reducir el impacto de sus fallos y la frecuencia del mismo. Como también es el que asegura el adecuado funcionamiento de los activos y minimizar la probabilidad de falla y sus consecuencias económicas operacionales de seguridad, logística y tecnología.

c. Mantenimiento Predictivo

Es el conjunto de actividades en que se monitorea diferentes parámetros para dar seguimiento y un diagnóstico continuo, permitiendo intervención inmediata ante un síntoma de fallo.

d. Pérdidas por procesos productivos.

La baja efectividad de los procesos industriales ocasionan pérdidas que inciden en los consumos de energía, estos se han categorizado de la siguiente manera:

e. Aprovechamiento de equipos.

Se conoce con el índice en porcentaje de utilización de las instalaciones para la producción, como pérdidas relacionadas en utilización de equipos son:

- Pérdidas por falta de demanda
- Pérdidas por paradas planificadas

Las pérdidas mencionadas impiden que los equipos sean utilizados todo el tiempo calendario en el proceso de producción.

f. Disponibilidad de equipos.

Es el porcentaje de tiempo en que el equipo no funciona y no se encuentra disponible para los procesos de producción, pero estaba programado para hacerlo. Las pérdidas por disponibilidad de equipos son:

- Fallos en los equipos
- Pruebas

- Puestas en marchas

Estas pérdidas no permiten que el equipo sea utilizado en su totalidad de tiempo al cual fue asignado.

g. Rendimiento de equipos.

(CEROAVERIAS, 2015) Menciona que el rendimiento de equipos “es una medida que expresa si el equipo logra los niveles de producción máximos o teóricos durante el tiempo en que funciona”. Las pérdidas por rendimiento de equipos son:

- Perdidas de velocidad.
- Atascamientos
- Falta de material u operario

Estas pérdidas impiden al equipo operar al máximo nivel de producción.

h. Índice de calidad.

El nivel de calidad se hace referencia al tiempo perdido para fabricar un producto que se encuentra defectuoso. Las pérdidas que se encuentran en el índice de calidad son:

- Productos defectuosos
- Problemas de calidad producidos por los equipos

Los productos al no cumplir con la normas de calidad muestran perdidas en tiempo de operación conllevando a ser un factor que incide en el consumo de energía.

1.9 Equipo de medición

Para los registros de medición de se realizó con el analizador trifásico FLUKE 1735, multímetro Truper MUT-202.

1.9.1 Registrador trifásico FLUKE 1735

El registrador (FLUKE1735, 2015) es “el medidor de potencia que permite realizar estudios de la energía eléctrica y registros de datos básicos de la calidad eléctrica, como también parámetros de energía eléctrica y de armónicos, como también de capturar eventos de tensión” (ver Figura 13).



Figura 13 Registrador trifásico Fluke 1735

Fuente: (FLUKE1735, 2015)

Las aplicaciones más usadas son:

- **Estudios de carga:** verifique la capacidad del sistema eléctrico antes de añadir ninguna carga
- **Evaluaciones de energía:** calcule el consumo antes y después de las mejoras para justificar los dispositivos de ahorro de energía
- **Medidas de armónicos:** identifique los problemas de armónicos que pueden dañar o afectar a equipos fundamentales
- **Captura de eventos de tensión:** supervise las fluctuaciones que provocan falsos reinicios o disparos inesperados del interruptor automático.

Las especificaciones generales del fluke 1735 se muestran en el anexo B-1, a continuación se muestran algunas características.

- Registro de la energía eléctrica hasta 45 días
- Medida de la distorsión de armónicos producidos por cargas electrónicas
- Mejora de la fiabilidad gracias a la captura de fluctuaciones de tensión debidas a la conexión y desconexión de una gran carga
- Fácil visualización de las formas de onda.
- Medida de las tres fases y el neutro gracias a las cuatro sondas flexibles

- Visualización de gráficos y generación de informes gracias al software PowerLog.

1.9.2 Multímetro Truper MUT 202

(TRUPER-MUT-202, 2012) “es un instrumento eléctrico portátil utilizado para medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y tensiones o pasivas como resistencias, capacidades y otras”. Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una. En la figura 14 se muestran el multímetro Truper MUT 202 usados para las mediciones, las especificaciones generales se muestran en el anexo B-2



Figura 14 Multímetro Truper MUT 202

Fuente: (TRUPER-MUT-202, 2012)

1.9.3 Luxómetro Light meter HS1010A

Medidor digital de nivel de iluminación o luxómetro (ver figura 15). Es un dispositivo de alta precisión, con selección automática del nivel de medición para medir simple y rápidamente la iluminación real, su unidad de medida es el LUX (lx) las especificaciones generales se muestran en el anexo B-2.



Figura 15 Luxometro HS1010A

Fuente: (Lubema, 2015)

1.10 Software de simulación

Electrical Transient Analyzer Program (ETAP, 2015) “es una potente herramienta eléctrica totalmente integrada en análisis de sistemas de CA y CC”. Los ingenieros que utilizan ETAP en miles de empresas y servicios públicos de electricidad a nivel mundial en el diseño, análisis, mantenimiento y operación de los sistemas eléctricos de potencia.

Previo a un levantamiento de cargas instaladas, se elabora un diagrama unifilar para modelar y simular el sistema eléctrico de Industria Metálica Cotopaxi en ETAP, permitiendo identificar si los transformadores, tableros de control, cables y más están sobrecargados.

Como también brindar una solución a problemas del sector eléctrico que se pueden presentar por fallas monofásicas, bifásicas, trifásicas.

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

2.1 Situación energética en “IMC”

Industria Metálica Cotopaxi se encuentra conectada a la subestación Cocha que dispone de una barra de 69KV y otra de 13,8KV con una potencia instalada de 16/20 MVA la subestación energiza a dos transformadores de 150 y 50 kVA respectivamente los mismos que energizan a máquinas como prensas, troqueladoras, cortadoras plasma, punzonadoras entre otras más.

Debido a la demanda de productos que se ofrece al mercado se ha adquirido nuevas máquinas CNC que han mejorado los tiempos de producción e incrementando la carga instalada, debido a esto el sistema eléctrico de la planta de producción se ha ampliado en el paso de los años y mediante el diagnóstico energético se pretende conocer si la calidad del producto referente al suministro eléctrico se encuentra en los rangos permitidos por el CONELEC. Como también identificar la o las áreas a las cuales se debe priorizar un control operacional en pos para reducir consumos de energía eléctrica.

2.2 Cargas instaladas en la planta de producción.

En la planta de producción se registran 81 máquinas divididas en 6 secciones, para determinar la carga instalada se usó los datos de placa de cada máquina.

En la tabla 3 se detalla la carga instalada en la sección cocinas con un total de potencia instalada igual a 13 kW.

Tabla 3

Cargas instaladas en sección cocinas

SECCIÓN COCINAS		
EQUIPO	CÓDIGO	POTENCIA
Suelda eléctrica	C-SE1	12 KW
Suelda MIG	C-SM1	6 KW
Suelda TIG	C-ST1	3,5 KW

En la tabla 4 se detallan los equipos de la sección puertas con una potencia instalada total de potencia instalada de 21,5 KW.

Tabla 4

Cargas instaladas en sección puertas

SECCIÓN PUERTAS		
EQUIPO	CÓDIGO	POTENCIA
Suelda eléctrica	P- SE1	9,3 KW
Suelda eléctrica	P-SE2	4,5 KW
Suelda MIG	P- SM1	4,6 KW
Suelda MIG	P-SM2	4,6 KW
Suelda MIG	P-SM3	8,8 KW
Taladro de columna	P-TC1	0.5 HP
Baroladora de platina	PR-B1	10 KW
Compresor portátil	C-COP1	0,5 HP
Flejadora	P-FL1	1 KW

En la tabla 5 se detalla las cargas de la sección prensas constituidas por 27 máquinas, obteniendo una potencia instalada de 316,54 kW.

Tabla 5

Cargas instaladas en sección prensas

SECCIÓN PRENSAS		
EQUIPO	CÓDIGO	POTENCIA
Fresadora	PR-F1	15KW
Baroladora	PR-B1	0,78KW
Cortadora flumas	PR-CF1	0,57KW
Prensa hidráulica	PR-PH1	30 HP
Prensa hidráulica	PR-PH2	45 KW
Prensa hidráulica	PR-PH3	20 HP
Prensa hidráulica	PR.PH4	15 HP
Prensa hidráulica	PR-PH5	15 KW
Prensa hidráulica	PR-PH6	15 HP
Prensa hidráulica	PR-PH7	7,5KW
Prensa hidráulica	PR-PH8	30 KW
Prensa hidráulica	PR-PH9	20 HP
Prensa hidráulica	PR-PH10	15 KW
Prensa hidráulica	PR-PH11	11 KW
Troqueladora	PR-T/TR1	25 HP
Troqueladora	PR-T/TR2	20 HP
Troqueladora	PR-T/TR3	15 HP
Troqueladora	PR-T/TR4	25 HP
Troqueladora	PR-T/TR5	10,5 KW
Troqueladora	PR-T/TR6	10HP

CONTINÚA 

Troqueladora	PR-T/TR7	5 KW
Troqueladora	PR-T/TR8	10KW
Cizalla	PR-CZ1	3HP
Cizalla	PR-CZ2	3HP
Desenrolladora	PR-DM1	4 KW
Desenrolladora	PR-DM2	4 KW
Esmeril	PR-E1	0,3 HP

En la tabla 6 se muestran los equipos instalados en la sección hornos, constituidas por 34 máquinas, con una potencia instalada de 211,4028 KW.

Tabla 6

Cargas instaladas en sección hornos

SECCIÓN HORNOS		
EQUIPO	CÓDIGO	POTENCIA
Suelda TIG	H-ST1	6 KW
Suelda TIG	H-ST2	7,7 KW
Suelda MIG	H-SM1	10,5 KW
Suelda-MIG	H-SM2	3,7 KW
Suelda-MIG	H.SM3	6,4 KW
Suelda-MIG	H-SM4	6,6 KW
Suelda-MIG	H-SM5	7,2 KW
Suelda-MIG	H-SM6	2 KW
Suelda MIG	H-SM7	2 KW
Suelda MIG	H-SM8	8,8 KW
Suelda eléctrica	H-SE1	19 KW
Suelda eléctrica	H-SE2	21 KW
Cortadora plasma	H-CP1	7 KW
Cortadora plasma	H-CP2	8 KW
Suelda de punto	H-SP1	3,5 KW
Torno	H-TO1	7,5 HP
Taladro pedestal	H-TC1	0,5 KW
Baroladora de tubo	H-B1	1HP
Baroladora	H-B2	15 HP
Baroladora	H-B3	2,2 KW
Sierra circular	H-SC1	11KW
Prensa hidráulica	H-PH1	11KW
Punzonadora	H-PU.CNC1	10HP
Cortadora de hilo CNC	H-CH.CNC1	0,5HP
Cortadora plasma CNC	H-P.CNC1	11 KW
Compresor fijo	H-COF1	19 KW
Máquina de lijado de ollas	H-LO1	0,5HP
Punzonadora	H-PU1	10 HP
Cizalla	H-CZ1	11 KW
Plegadora	H-PL1	15HP

CONTINÚA



Rotaflex	H-RF1	2HP
Esmeril	H-E	0,3HP
Tronzadora	H-TN	2,2 KW

En la Tabla 7 se muestran los equipos de oficina instalados en las diferentes áreas. Estos dispositivos al ser cargas no lineales ocasionaran distorsión armónica, existiendo perdidas en los conductores.

Tabla 7

Equipos de oficina instalados en IMC

Área administrativa			
Descripción	Cantidad	Potencia(W)	Potencia total(W)
Computadoras de escritorio	6	430	2580
Laptop Toshiba	2	90	180
Lámparas fluorescentes circulares	5	20	100
Lámparas fluorescentes tubo	10	18	180
Impresora	1	25	25
Televisor	1	70	70
Calefactor	1	1350	1350
Teléfonos	3	1,8	5,4
Oficinas Ingenieros			
Descripción	Cantidad	Potencia(W)	Potencia total(W)
Computadoras de escritorio	1	430	430
Impresora	1	25	25
Laptop hp	2	100	200
Lámparas fluorescentes tubo	1	18	18
Bodega			
Descripción	Cantidad	Potencia(W)	Potencia total(W)
Computadoras de escritorio	2	430	860
Lámparas fluorescentes tubo	8	18	144
Área CNC			
Descripción	Cantidad	Potencia(W)	Potencia total(W)
Laptop Sony vio	2	100	200
Lámparas fluorescentes tubo	12	18	216

La sección con mayor potencia instalada es prensas, debido a que fueron las primeras máquinas en ser adquiridas y son de bajo rendimiento, presentan desgastes en sus componentes reduciendo la eficiencia e incrementando el consumo de energía eléctrica. Mediante el levantamiento

de carga se obtuvo que la potencia instalada total es de 601,98 KW correspondiente a las cuatro áreas de producción.

La figura 16 representa el diagrama de Pareto de las cargas instaladas en la planta de producción de IMC, se puede observar que las cargas con mayor potencia son las que se encuentran en el rango de PR-PH2 a PR-F1 que representan el 20% de las causas que provoca el 80% de incrementos del consumo de energía, por esta razón se debe planificar y dar el respectivo mantenimiento preventivo garantizando una alto rendimiento con el fin de evitar altos consumos de energía eléctrica

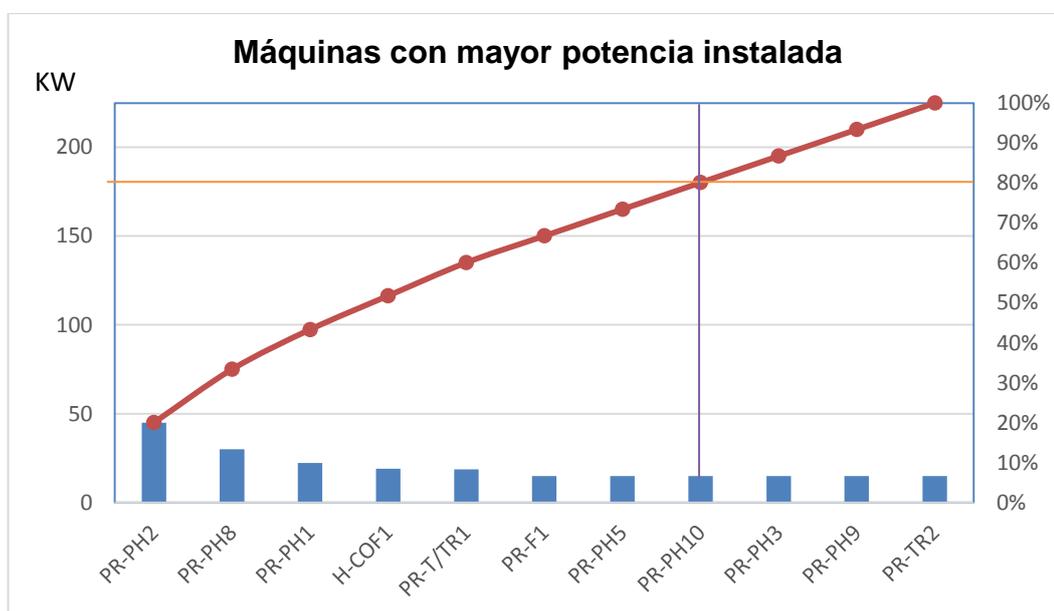


Figura 16 Máquinas de mayor potencia instalada.

2.3 Estado de funcionamiento de los equipos.

Se realizara una evaluación y análisis del estado de los equipos de acuerdo a las diferentes secciones de producción con el fin de mantenerlas 100% funcionales, para ellos se utilizaran hojas de supervisión que se adjuntaran en el Anexo C. En la tabla 8 se detalla las ponderaciones sobre el estado técnico de una máquina y de acuerdo a ellas el establecer si necesita un servicio de mantenimiento o inspecciones para garantizar su óptimo funcionamiento. (Molina, 2014)

Tabla 8

Evaluación del estado técnico de los equipos

Estado técnico	%	Valoración	Servicio de mantenimiento
Bueno	90-100	1	Revisión
Regular	75-89	0.8	Reparación pequeña
Malo	50-74	0.6	Reparación media
Muy malo	< 50	0.4	Reparación general

Fuente: (Molina, 2014)

2.3.1 Sección Hornos

La sección hornos cuenta con máquinas desde sueldas eléctricas hasta maquinaria CNC, por parte de operarios existe una buena cultura en cuidar los equipos que se encuentran a su cargo.

a. Máquinas CNC

En la tabla 9 se muestra la evaluación de las máquinas CNC identificando que su estado técnico es bueno.

- El sistema eléctrico no presenta problemas sus servo motores y demás componentes funcionan correctamente.
- En lo que se refiere al sistema mecánico la mesa de la cortadora de plasma necesita mantenimiento ya que hay mucho desgaste y muchas impurezas.
- En el sistema hidráulico y/o neumático se encuentran en perfecto estado sus filtros, mangueras, válvulas no presentan daños y funcionan correctamente.
- Sistema electrónico las tarjetas de control de movimiento y su panel de control funciona correctamente.

Las máquinas CNC se encuentran en óptimo estado, se debe realizar revisiones leves para evitar daños y mantener su funcionamiento óptimo.

Tabla 9

Evaluación de máquinas CNC

NOMBRE	CORTADORA PLASMA CNC	PUNZONADORA CNC	CORTADORA DE HILO CNC
MARCA	HYPERTHERM	EUROMAC	
CÓDIGO	H-P.CNC1	H-PU.CNC1	H-CH-CNC1
ASPECTOS EVALUADOS			
Sistema eléctrico	0,97	0,97	1,00
Sistema mecánico	0,89	0,99	0,97
Sistema electrónico	1,00	1,00	1,00
Sistema Hidráulico y/o neumático	0,96	0,98	0,94
TOTAL	3,82	3,94	3,91
Valoración %	95,47	98,47	97,67

b. Cortadora plasma

En la tabla 10 se muestra la evaluación de la cortadora plasma conociendo que el aspecto técnico bueno pero en la base del corte es regular, presentando un gran desgaste en la base de la cortadora impidiendo que los cortes sean eficientes y generando mayor tiempo en preparar la base para el corte.

Tabla 10

Evaluación de cortadora plasma

NOMBRE	CORTADORA PLASMA	CORTADORA PLASMA
MARCA	CEBORA	CEBORA
CÓDIGO	H-CP1	H-CP2
ASPECTOS EVALUADOS		
Sistema eléctrico	0,96	0,96
Sistema mecánico	0,83	0,84
TOTAL	1,79	1,8
Valoración %	89,50	90

c. Compresor fijo

El compresor fijo es muy importante para el funcionamiento de todas las máquinas con sistema neumático como son las troqueladoras por tal motivo es indispensable que se encuentre en óptimas condiciones, en la tabla 11 se muestra la evaluación en su aspecto técnico es cual es bueno y se debe realizar limpiezas en general.

- Sistema eléctrico: se verifico el motor, electro ventilador, presóstatos y relés térmicos estos se encuentran en buen estado y no presentan ningún problema.
- El Sistema neumático se encuentra en buen estado, se verifico que no existan fugas, los filtros limpios y sin taponamientos entre otros componentes.
- El sistema mecánico de igual forma está en buenas condiciones, en su estado técnico el compresor funciona correctamente.

Tabla 11

Evaluación de compresor fijo

COMPRESOR FIJO	
NOMBRE	FINI
MARCA	FINI
CÓDIGO	H-COF1
ASPECTOS EVALUADOS	
Sistema eléctrico	0,94
Sistema neumático	0,96
Sistema mecánico	1,00
TOTAL	2,91
Valoración %	96,94

2.3.2 Sección prensas

La sección prensas es el área de producción más antigua en IMC, debido a esto las máquinas han perdido eficiencia convirtiéndose en grandes consumidores de energía esto se aprecia en la valoración del sistema eléctrico el cual es regular, es decir las máquinas necesitan mantenimiento.

a. Prensas hidráulicas

Las prensas hidráulicas deben ser sometidas a revisiones y pequeñas reparaciones debido a que son las máquinas más antiguas en las empresa, las prensas PR-PH9 Y PR-PH10 se encuentran en reparaciones, los motores presentan niveles altos de ruido, esto se debe al desgaste sufrido por las elevadas horas de operación, las matrices también presentan desgaste debido que los cauchos se encuentran en mal estado.

A continuación en la tabla 12 se presenta la evaluación de las prensas hidráulicas.

Tabla 12

Evaluación Prensas hidráulicas

NOMBRE	PRENSA HIDRAULICA	PRENSA HIDRAULICA	PRENSA HIDRAULICA	PRENSA HIDRAULICA
MARCA	CMC CLAERING HIDRAULIC	TOSHIBA	LAUFFER	BAKER
CÓDIGO	PR-PH1	PR-PH2	PR-PH3	PR-PH4
ASPECTOS EVALUADOS				
Sistema eléctrico	0,84	0,82	0,83	0,84
Sistema mecánico	0,93	0,92	0,90	0,83
Sistema Hidráulico	0,92	0,94	0,89	0,87
TOTAL	2,69	2,69	2,61	2,55
Valoración %	89,72	89,53	87,06	84,87
NOMBRE	PRENSA HIDRAULICA	PRENSA HIDRAULICA	PRENSA HIDRAULICA	PRENSA HIDRAULICA
MARCA	NEUGRAFF			IDROMETAL
CÓDIGO	PR-PH5	PR-PH6	PR-PH7	PR-PH8
ASPECTOS EVALUADOS				
Sistema eléctrico	0,84	0,79	0,85	0,84
Sistema mecánico	0,88	0,85	0,87	0,94
Sistema Hidráulico	0,89	0,89	0,82	0,85
TOTAL	2,60	2,52	2,54	2,64
Valoración %	86,75	84,06	84,69	87,89
NOMBRE	PRENSA HIDRAULICA	PRENSA HIDRAULICA	PRENSA HIDRAULICA	PRENSA HIDRAULICA
MARCA	INMES		PH- BANDEJAS	PH- BANDEJAS
CÓDIGO	PR-PH9	PR-PH10	PR-PH11	PR-PH12
ASPECTOS EVALUADOS				
Sistema eléctrico	off	off	0,83	0,83
Sistema mecánico	off	off	0,89	0,93
Sistema Hidráulico	off	off	0,90	0,88
TOTAL			2,61	2,64
Valoración %			87,06	88,11

- Sistema eléctrico, se verifico los pulsadores, cables, finales de carrera, funcionan correctamente y el motor se encuentran en estado regular necesitando mantenimiento.
- El sistema hidráulico se encuentra en buenas condiciones, se debe revisar que se encuentren limpios filtros y verificar la presión en los manómetros.

- El sistema mecánico presentan desgaste en forma general, se recomienda cambiar los cauchos de las prensas y evitar daños a la matriz y al producto prensado.

b. Troqueladoras

En la tabla 13 se muestra la evaluación técnica de las troqueladoras, conociendo que se encuentran en estado regular, funcionan correctamente pero se deben realizar el mantenimiento correspondiente.

Tabla 13

Evaluación de Troqueladoras

NOMBRE	TROQUELADORA	TROQUELADORA	TRAQUELADORA
MARCA	BLIS	MAQTRQ	GUILLEM
CÓDIGO	PR-T/TR1	PR-T/TR2	PR-T/TR3
ASPECTOS EVALUADOS			
Sistema eléctrico	0,89	0,90	0,89
Sistema Neumático	0,88	0,89	0,87
Sistema mecánico	0,87	0,85	0,88
TOTAL	2,64	2,64	2,64
Valoración %	87,91	87,91	88,09
NOMBRE	TROQUELADORA	TROQUELADORA	TRAQUELADORA
MARCA	FARINA	VED WERKZ	GAMEI
CÓDIGO	PR-T/TR4	PR-T/TR5	PR-T/TR6
ASPECTOS EVALUADOS			
Sistema eléctrico	0,87	0,88	0,89
Sistema Neumático	0,88	0,87	0,88
Sistema mecánico	0,82	0,82	0,87
TOTAL	2,56	2,57	2,64
Valoración %	85,45	85,53	88,04
NOMBRE	TROQUELADORA	TROQUELADORA	TRAQUELADORA
MARCA	ARISA	IWK	BIELA
CÓDIGO	PR-T/TR7	PR-T/TR8	PR-T/TR9
ASPECTOS EVALUADOS			
Sistema eléctrico	0,88	0,87	0,00
Sistema Neumático	0,96	0,89	0,00
Sistema mecánico	0,87	0,87	0,00
TOTAL	2,71	2,63	0,00
Valoración %	90,27	87,63	0,00

- El sistema eléctrico en general se encuentra en buenas condiciones, se debe realiza reparaciones o sustituciones a los contactores y pulsadores.

- El sistema neumático depende del compresor fijo ubicado en la sección hornos, los elementos neumáticos se encuentran bien, se debe mantener filtros limpios y verificar las presiones de trabajo en los manómetros.
- Las partes mecánicas como engranajes, pernos se encuentran bien engrasados y los moldes de troquelado están en buenas condiciones, los cauchos se encuentran en mal estado y necesitan ser cambiados.

c. Fresadora

En la figura 14 se muestra la evaluación técnica de la fresadora, su estado es bueno esto se debe a que el operario cuida la máquina en sus turnos de trabajo, la fresadora es la encargada de reparar las matrices que sufren daños en las prensas y troqueladoras.

Tabla 14

Evaluación de fresadora

NOMBRE		FRESADORA	
MARCA		BURGMASER	
CÓDIGO		PR-F1	
ASPECTOS EVALUADOS			
Sistema eléctrico		0,92	
Sistema mecánico		0,86	
TOTAL		1,78	
Valoración %		89	

- En el sistema mecánico el aspecto técnico de la fresadora es regular con un promedio de 0,86 por lo que se sugiere realizar limpiezas, engrasados, entre otras revisiones pequeñas.
- El sistema eléctrico con un promedio de 0,9 es bueno funciona correctamente, no presenta problemas en tomas de energías, en cables y en motores.

Después de la evaluación técnica se pudo observar que la sección a la cual se debe dar mayor cuidado y mantenimiento es la sección prensas por ser máquinas adquiridas hace mucho tiempo, y han perdido eficiencia en sus motores y al ser de potencia constante consumen mayor corriente, esto

puede ocasionar que se recalienten dañando el aislamiento de los cables de sus devanados ocasionando corto circuitos.

2.4 Datos de producción.

Industria metálica Cotopaxi mensualmente produce una variedad de productos como paneles, ángulos, cocinas, hornos entre muchos más, la información fue proporcionada por el área de producción.

Debido que los productos llevan un código independiente se utilizó la herramienta de Excel para tabular, filtrar y así realizar un resumen mensual de datos de producción.

A continuación se muestra un resumen mensual de la producción del año 2014, información detallada en las siguientes tablas. Los datos de producción serán usados en el capítulo 3 para determinar la línea base energética.

a. Enero del 2014

En la tabla 15 se muestra el resumen de producción correspondiente al mes de enero, se puede observar que el producto con mayor demanda son los paneles con una cantidad de 18471 este producto le corresponde a la sección prensas, también se registra la elaboración de 12 hornos de 6 latas y 8 hornos de 16 latas, como también la elaboración de cocinas, amasadoras, puertas, manteniendo una variedad en la producción.

Tabla 15

Resumen datos de producción enero del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
19027	PANELES VARIAS MEDIDAS	18471
199192	PUERTA CORREDIZA 4.15*2.20	1
199351	AUT.PRTA.2HOJAS MOTOR BOB 3.15*2.50	1
20791	MARCO DE PUE DECOR 2.20X.27X1.5 L.F	575
320001	HORNO 6 LATAS TURBO 110 VOL	12
320191	HORNO 2 LATAS PARA ZAPATAS 86ANCHO*	1
32076	AMAZADORA SOBADORA 220 V 50 LIBRAS	1
32079	HORNO 16 LATAS GIRATORIO 220 V	8
32080	PORTALATAS NEGRO 16 LATAS	20
33069	COCINA 4 QUEM + PLANCHA FORRADA	1
338041	SELF SERVICE 6 BANDEJAS MATE	1
339031	FREGADERO 3 POZOS 1.80*65*90 MATE	2
		19094

b. Febrero del 2014

En la tabla 16 se muestra el resumen de producción correspondiente al mes de febrero, la sección prensas se mantiene en buena producción con 8084 paneles, en las demás áreas la producción no es variada pero se concentran en la elaboración de 16 amasadoras, 4 hornos y 8 porta latas.

Tabla 16

Resumen datos de producción febrero del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
19028	PANELES VARIAS MEDIDAS	8048
32056	AMAZADORA DE 1/2 QUINTAL 220V	16
32080	PORTA LATAS NEGRO 16 LATAS	8
32100	HORNO TURBO 10 LATAS GIRATORIO	4
		8076

c. Marzo del 2014

El resumen de producción correspondiente al mes de marzo se muestra en la tabla 17, se observa que el producto con mayor demanda son los paneles, en las demás secciones se registra una mayor demanda con una producción muy variada.

Tabla 17

Resumen datos de producción marzo del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
18528	PANELES VARIAS MEDIDAS	5400
20792	MARCO DE PUERTAS LISOS 2.20X16X4.5	5
32096	PORTA LATAS 10 TURBO	10
32097	PORTA COCHE TURBO 10 LATAS NEGRO	10
32102	PANERA 9 CANASTAS EN PINO	2
32106	BOMBONERA 1.50 SIN CAJA CN FRIO INO	1
32118	VERTICAL 2 PUERTAS EN INOX	1
32151	TANQUE DE LECHE ACERO MATE 250 LIT	5
321512	TANQUE DE LECHE ACERO MATE 200 LIT	3
321513	TANQUE DE LECHE ACERO MATE 125 LIT	2
33311	BATIDORA B-20 (110V) GQUIL CON REJI	2
33315	BATIDORA ESPECIAL 30 LIT 110V	1
999006	MARCO DE PUERTA DE 20.5X2.20X1.5MM	10
999007	MARCO DE PUERTA DE 20X2.20X1.5MM	3
		5455

d. Abril del 2014

En la tabla 18 se muestra el resumen de producción correspondiente al mes de abril, se puede observar que el producto con mayor demanda son

los elaborados en la sección prensas, en las demás áreas existe una variedad de productos entre las más demandadas se encuentran las amasadoras.

Tabla 18

Resumen datos de producción abril del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
18929	PANELES VARIAS MEDIDAS	5090
19911	PUERTAS ENROLLABLES DE 2 X 2,30 FL	2
32022	PORTA LATAS ACERO 16 LATAS	7
32023	PORTA LATAS NEGRO 18 LATAS	15
320491	AMASADORA RAPIDA 30 LBRS AUT 110V	4
32076	AMAZADORA SOBADORA 220 V 50 LIBRAS	8
320761	AMASADORA SOBADORA 30 LIBRAS ESPIRA	4
32124	AMAZADORA RAPIDA 30 LIBS AUT 220V	4
32130	PANERA DE 12 CANASTAS EN PINO	1
33071	COCINA 8 QUE+2 FREIDORAS GRANDE422X	1
		5136

e. Mayo del 2014

En la tabla 2.17 se muestra el resumen de producción correspondiente al mes de mayo, se puede observar que el producto con mayor demanda son los elaborados en la sección prensas como son los paneles, en las demás áreas de producción se ve un incremento en elaboración de hornos, amasadoras, etc.

Tabla 19

Resumen datos de producción mayo del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
3012	PANELES VARIAS MEDIDAS	8326
320231	COCHE 18 LATAS ACERO INOX	15
32042	LEUDADOR 18 LATAS 220V	5
32053	AMAZADORA DE 1 QUINTAL 220V	3
32076	AMAZADORA SOBADORA 220 V 50 LIBRAS	8
320762	AMASADORA SOBADORA 30 LBS A 110V	4
32095	HORNO 10 LATAS ESTATICO	12
32096	PORTA LATAS 10 TURBO	24
32127	HORNO CON LEUDADOR TURBO 10 LTS A G	1
321511	TANQUE DE LECHE ACERO MATE 300 LIT	5
33303	LICUADORA DE 20 LITROS	2
		8405

f. Junio del 2014

En la tabla 20 se observa el resumen de producción correspondiente al mes de junio, se observa que el producto con mayor demanda son los elaborados en la sección prensas como son los paneles (8958).

Tabla 20

Resumen datos de producción junio del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
18929	PANELES VARIAS MEDIDAS	8929
320021	HORNO 12 LATAS ROTATIVO 220VOLT	5
32021	PORTA LATAS NEGRO 12 LATAS	16
32039	LEUDADOR 12 LATAS	4
32047	MESA DE TRABAJO PEQUEÑA	1
32106	BOMBONERA 1.50 SIN CAJA CON FRIO	1
33310	LICUARORA 10 LITROS A110V	2
		8958

g. Julio del 2014

En el mes de julio se registra un incremento de producción en todas las áreas con elaboración de varios productos en todas las áreas como se observa en la tabla 21 el producto con mayor demanda son los elaborados en la sección prensas como son los paneles (8255).

Tabla 21

Resumen datos de producción julio del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
18929	PANELES VARIAS MEDIDAS	8255
19903	FABRICACION DE PUERTA BATIENTE	1
20791	MARCO DE PUE DECOR 2.20X.27X1.5 L.F	66
20792	MARCO DE PUERTAS LISOS 2.20X16X4.5	10
20794	MARCOS DE SEGUNDA	5
320001	HORNO 6 LATAS TURBO 110 VOL	4
320002	HORNO 6 LATAS TURBO 220VOLT	6
32008	HORNO 18 LATAS GIRATORIO 220v	8
320231	COCHE 18 LATAS ACERO INOX	7
32047	MESA DE TRABAJO PEQUEÑA	10
320491	AMASADORA RAPIDA 30 LBRS AUT 110V	4
32079	HORNO 16 LATAS GIRATORIO 220 V	8
32097	PORTA COCHE TURBO 10 LATAS NEGRO	24
32124	AMAZADORA RAPIDA 30 LIBS AUT 220V	4
321512	TANQUE DE LECHE ACERO MATE 200 LIT	2
321515	TANQUE LECHE ACERO MATE 180 LITROS	13

CONTINÚA 

32156	MESA 230X110X90 GRADILLE INOX GARRU	9
		8436

h. Agosto del 2014

En relación a los meses anteriores se observa un incremento con la elaboración de 17830 paneles, en la tabla 22 se muestra el resumen de producción correspondiente al mes de mayo, la elaboración de productos en las demás áreas es variada su registra una mayor demanda en porta latas, mesas, amasadoras y en latas lisas reforzadas, siendo positivo para la producción de la para la empresa.

Tabla 22

Resumen datos de producción agosto del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
18929	PANELES VARIAS MEDIDAS	17830
199212	PUERTA DOBLE HOJA 2.10 X 3.92	1
32023	PORTA LATAS NEGRO 18 LATAS	16
320231	COCHE 18 LATAS ACERO INOX	2
320411	LEUDADOR DE 18 LATAS TIPO NOVA	1
32048	MESA DE TRABAJO GRANDE	10
320491	AMASADORA RAPIDA 30 LBRS AUT 110V	1
32056	AMASADORA DE 1/2 QUINTAL 220V	8
32080	PORTALATAS NEGRO 16 LATAS	16
32082	LEUDADOR 16 LATAS	6
321421	LATAS LISAS REFORZADAS 2	1000
321516	TANQUE DE LECHE ACERO MATE 280 LITR	8
331051	FREID3CANAST+BANDEJA+VIDRIO+FOCO	1
		18900

i. Septiembre del 2014

En la tabla 23 se observa el resumen de producción del mes de septiembre, observando que el producto con mayor demanda son los elaborados en la sección prensas con 31976 paneles siendo la producción más alta registras en el año, también se registra la elaboración de variedad de productos en las demás áreas con la elaboración de puertas, hornos, cocinas, ventanas entre otras, entre las más demandadas se encuentran los marcos para puertas, hornos de 16 y 10 latas.

Tabla 23

Resumen datos de producción septiembre del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
19225	PANELES VARIAS MEDIDAS	31943
19902.10	PUERTA ENRROLLABEL 2.99 X 3.33	1
19902.11	PUERTA ENRROLLABLE 1.38 X 3.33	2
19902.12	PUERTA ENRROLLABLE 3.10 X 3.33	1
19902.8	PUERTA ENRROLLABEL 0.98 X 3.33	1
19902.9	PUERTA ENRROLLABLE 1.70 X 3.33	1
1990310	PUERTA BATIENTE DE 90 X 222	3
1990311	PUERTA BATIENTE DE 95 X 222	1
199040	PUERTA BATIENTE DE 214-3 X 99	3
19906.1	VENTANA DE 1 X 1.80	1
19906.2	VENTANA DE 2.02 X 2.33	1
19906.3	VENTANA DE 1.41 X 2.33	1
19910.1	PUERTA PLEGABLE DE 2.20 X 3	1
20791	MARCO DE PUE DECOR 2.20X.27X1.5 L.F	339
320231	COCHE 18 LATAS ACERO INOX	3
32053	AMAZADORA DE 1 QUINTAL 220V	2
32079	HORNO 16 LATAS GIRATORIO 220 V	8
32080	PORTALATAS NEGRO 16 LATAS	16
32095	HORNO 10 LATAS ESTATICO	12
321513	TANQUE DE LECHE ACERO MATE 125 LIT	5
33001	COCINA 1 QUEMADOR PARA MOTE	1
33026	COCINA 3 QUEMADORES PLANCHA FORRADA	1
339011	FREGADERO 1 POZO 0.65*0.55*0.90 MAT	2
339015	FREGADERO TIPO GRILL DE 50 X 71 X 3	1
		32350

j. Octubre del 2014

En la tabla 24 se muestra el resumen de producción correspondiente al mes de octubre, se puede observar que el producto con mayor demanda son los elaborados en la sección prensas con 17191 paneles, también se elaboran puertas, cocinas, freidoras, entre otras, las más demandadas son los hornos de 10 latas y los marcos de puertas con 145.

Tabla 24

Resumen datos de producción octubre del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
19228	PANELES VARIAS MEDIDAS	17132
199199	PUERTA DE EMERGENCIA	1
20791	MARCO DE PUE DECOR 2.20X.27X1.5 L.F	145
32022	PORTA LATAS ACERO 16 LATAS	5
32095	HORNO 10 LATAS ESTATICO	12
32096	PORTA LATAS 10 TURBO	20
32136	MESA DE TRABAJO CON 2 ENTREPAÑOS	1

CONTINÚA 

33001.1	COCINA 1 QUEMADOR PARA MOTE 60X60X4	1
33076	COCINA 2 QUEMADORES+PARR. HORNIPAN	1
33157	FREIDORA 2 CANASTILLAS GRANDES + 1	1
33401	PELADORA DE POLLOS 5 POLLOS CON PUE	1
334011	PELADORA DE 5 POLLOS ACERO SIN PUER	4
		17325

k. Noviembre del 2014

En la tabla 25 se muestra el resumen de producción correspondiente al mes de noviembre, se puede observar que el producto con mayor demanda son los elaborados en la sección prensas con 6339 paneles, también se elaboran cocinas, marcos para puertas, hornos entre otras.

Tabla 25

Resumen datos de producción noviembre del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
19228	PANELES VARIAS MEDIDAS	6339
199042	PUERTA BATIENTE CON CHAPA ELECTRICA	1
199198	PUERTA CORREDIZA AUTOMATICA DE 2,45	1
199216	AUTOMATIZACION PUERTA 2 HOJAS CON M	1
20791	MARCO DE PUE DECOR 2.20X.27X1.5 L.F	358
20795	MARCO DE PUER DECORADO 2.20X27 HG	39
320001	HORNO 6 LATAS TURBO 110 VOL	6
320002	HORNO 6 LATAS TURBO 220VOLT	6
32022.1	PORTA LATAS ACERO 16 LATAS DE 14 D	2
32024	PORTA LATAS NEGRO 20 LATAS	16
32042	LEUDADOR 18 LATAS 220V	5
32061.1	GRADILLERO DE 14 DIVISIONES EN NEGR	1
999002	PLATAFORMA METALICA	1
		6776

l. Diciembre del 2014

En la tabla 26 se muestra el resumen de producción correspondiente al mes de mayo, se puede observar que el producto con mayor demanda son los elaborados en la sección prensas como son los paneles (3972), en el mes de diciembre le registra una baja producción en paneles esto se debe que algunas máquinas se encontraban en mantenimiento, se observa un incremento muy significativo en las demás áreas con la elaboración de puertas, hornos, bandejas, latas perforadas, etc.

Tabla 26

Resumen datos de producción diciembre del 2014

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
19228	PANELES VARIAS MEDIDAS	3972
19902.13	PUERTA ENROLLABLE DE 2.86 X 4.23	1
199215	PUERTA BATIENTE DOBLE HOJA 3.58 X	1
199217	AUTOMATIZACION DE PUERTA DE 2 HOJAS	1
199352	AAUTOMATIZACION PUERTA CORREDIZAMO	1
20791	MARCO DE PUE DECOR 2.20X.27X1.5 L.F	72
32001	HORNO 10 LATAS GIRATORIO 110v	3
32011	HORNO 20 LATAS GIRATORIO 220v	1
320181	HORNO 2 LATAS ELITE ANDINO	5
320182	HORNO 2 LATAS SEMI-INDUSTRIAL HG AN	6
32021.1	COCHE DE 12 LATAS EN ACERO	3
320361.1	BANDEJAS EN INOX 0.7 DE 65 X 45 X 5	8
320361.2	BANDEJAS EN 0.7 INOX DE 65 X 45 X 4	7
32037	LATAS PERFORADAS	28
32061.2	GRADILLERO 18 LTS 1 X 1.90 EN NEGRO	1
32061.3	GRADILLERO 10 LTS DE 0.65 X 0.90 EN	1
32078	HORNO 18 LTAS GIRATORIO FULL 220V	2
32124	AMAZADORA RAPIDA 30 LIBS AUT 220V	3
321387	ESTANTERIA DE 2X2X45 CON 5 DIVISION	3
321421	LATAS LISAS REFORZADAS 2	4
32163	BOLILLOS 30 CN X 22MM LOGO MAESTRO	3000
33804	SELF SERVICES 6 BANDEJAS 4 CAL. Y 2	2
339014	FREGADERO DE 1 POZO + ESCURRIDOR DE	2
339042	MESA DE BATIDORA EN GALVANIZADO	1
		7128

2.5 Consumos energéticos

La planta de producción está alimentada por dos transformadores, el primero de 150 kVA que energiza a los tableros 1, 3 y 6, el registrador de energía 90106 registra los consumo de las prensas hidráulicas, troqueladoras, oficinas administrativas, entre otras, en la figura 17 se muestra los porcentajes de consumo de energía eléctrica en este transformador (T1).

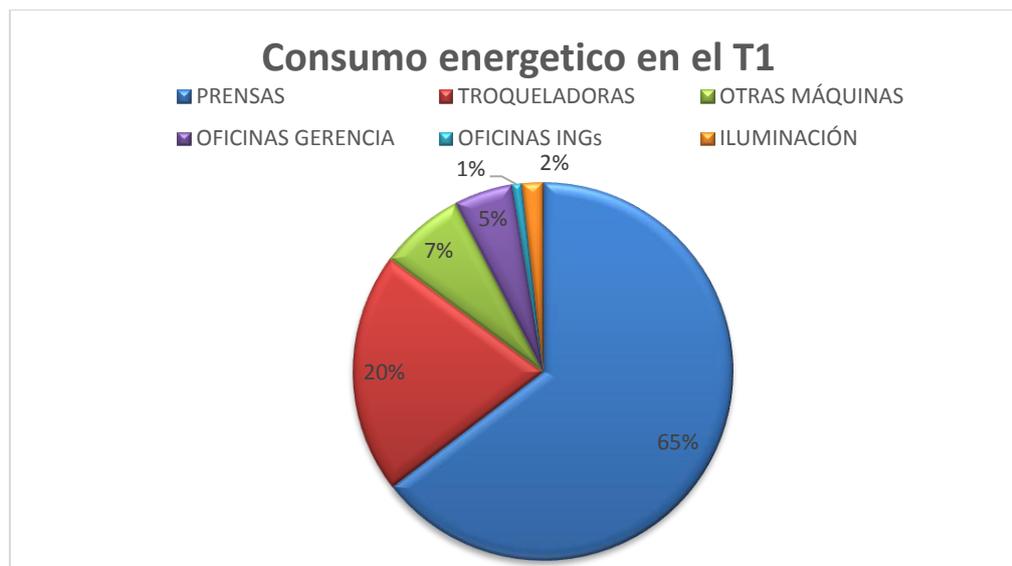


Figura 17 Porcentaje de consumo energético en el Transformador 1

Las prensas hidráulicas son los mayores consumidores de energía eléctrica en las que se destacan las PH-1, PH-2 y PH-8 con un 65%, las maquinas troqueladoras consumen un 20% del total y el 15 % restante se distribuye entre oficinas administrativas, oficina de ingenieros, otras máquinas e iluminación.

En la figura 18 se observa el consumo de energía en T1 datos registrados por el analizador trifásico, como se observa en la imagen el día lunes hay mayor consumo de energía activa y reactiva. A partir del día martes hasta el día sábado el consumo es menor debido a que la PH-2 sufrió daños en uno de sus pistones y se encuentra en mantenimiento dejándolo fuera de servicio.

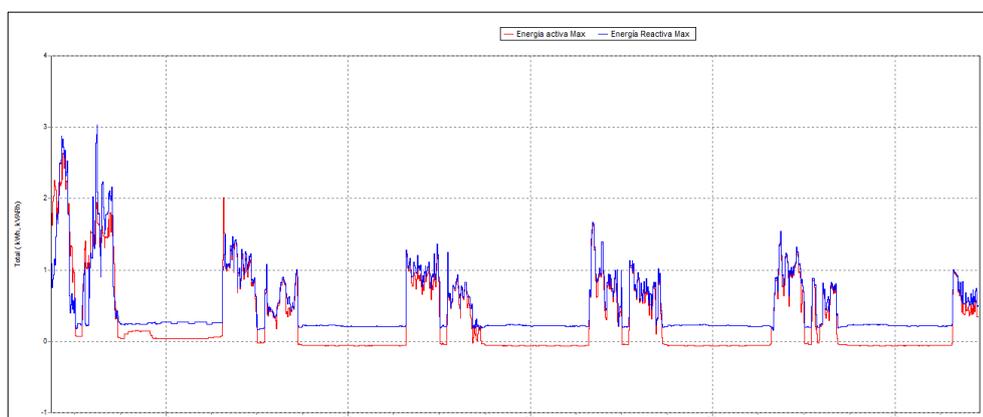


Figura 18 Consumo de energía de una semana laboral en T1

En la figura 19 se observa el crecimiento del consumo de energía en la semana de producción registrándose un total de 819,42 kW-h y 709,417 kVAR-h. En el transcurso de 5:30 pm a 7:30 am el consumo de energía debería ser 0 kW-h, pero se registra un consumo de 87,66 kW-h que representa \$ 5,25 semanales, \$21 mensuales y \$252 anuales, esto se debe a fallas en el sistema eléctrico como las derivaciones de fase a tierra o que la fuente de energía de las maquinas no son desconectadas al terminar la jornada de trabajo.

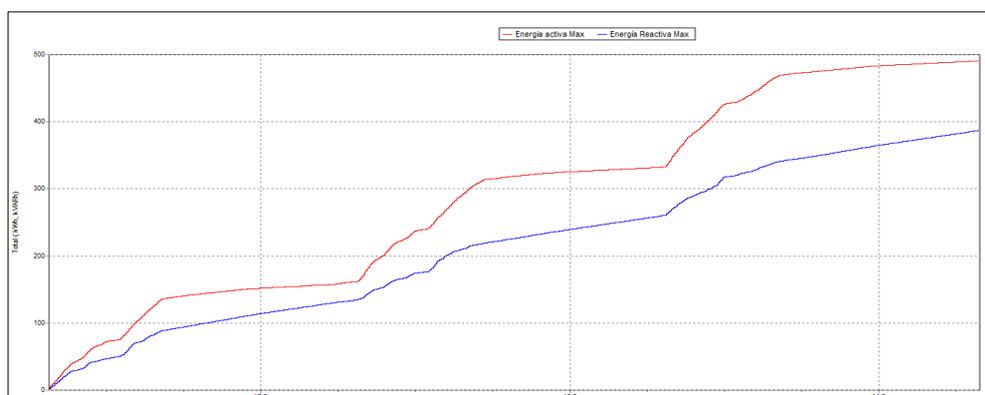


Figura 19 Crecimiento del consumo de energía de una semana en el T1

El segundo transformador de 50 KVA energiza a los tableros 2, 4 y 5, el registrador de energía 107063 registra el consumo de las áreas de CNC, cocinas, hornos, puertas, amasadoras y bodega. En la figura 20 se observa el consumo de energía eléctrica en transformador 2 (T2).



Figura 20 Porcentaje de consumo energético en el Transformador 2

En la sección hornos se encuentra la mayor carga conectada debido que la producción es alta, se muestra un consumo del 54% del total, el área CNC consume el 23% y el resto se distribuye entre las secciones puertas, cocinas, bodega e iluminación.

En la figura 21 se muestra el consumo de energía en T2, a partir del día lunes al día martes presenta un mayor consumo de energía, los días miércoles, jueves y viernes son casi semejante y en el día sábado se observa el menor consumo de energía.

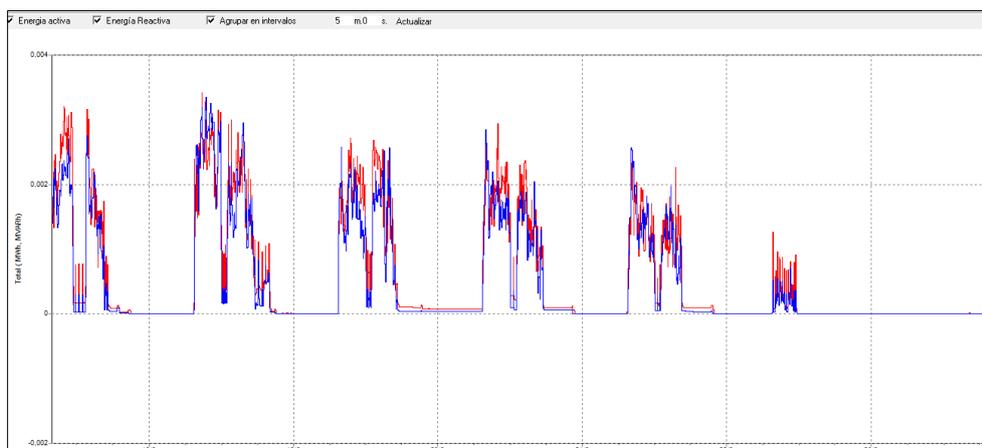


Figura 21 Consumo de energía de una semana laboral en T2

En la figura 22 se observa el crecimiento del consumo de energía en la semana de producción registrándose un total de 1010.68 kW-h y 869.55 kVAR-h. En el transcurso de 5:30 pm a 7:30 am el consumo de energía debería ser 0 kW-h, pero se registra un consumo de 46,44 kW-h que representa \$3,15 semanal y \$12,44 mensual y \$150 anual, en ambos transformadores T1 y T2 en las horas no laborales se registra una pérdidas de energía que representan \$402 anual.

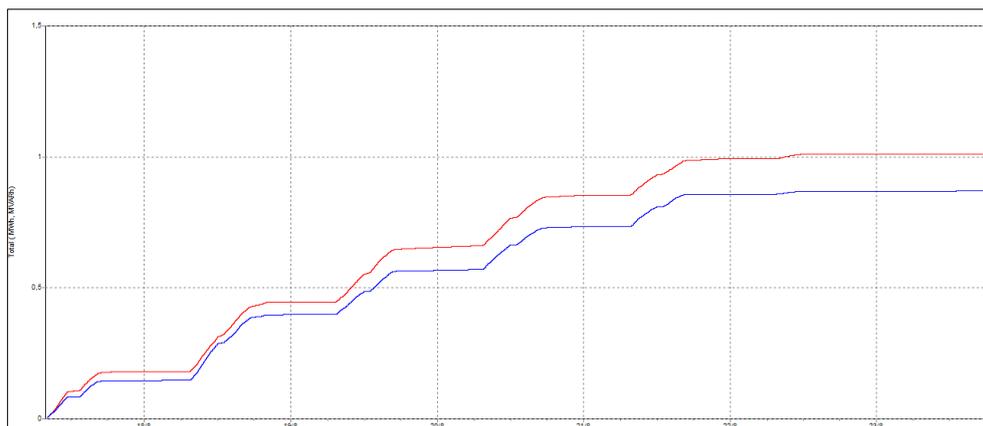


Figura 22 Crecimiento del consumo de energía de una semana en el T2

La producción de todas representa un costo la misma que se refleja en el pago de la planilla eléctrica que se muestra a continuación en forma resumida en la tabla 27 y 28 datos proporcionados por Elepco S.A.

2.5.1 Análisis de Facturación

En IMC se maneja una jornada de trabajo que es la diurna de 7:30 am a 12:00 pm y de 1:00 pm a 4:30 pm, debido a esto el único dato que se tiene en la factura eléctrica es de 08h00 - 18h00 L-V y los días sábados de 7:30 am a 11:00am.

En el pliego tarifario emitido por el ARCONEL para todas las empresas eléctricas especifica que el consumidor deberá pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor.
- Un cargo por potencia en USD/kW, por cada kW de demanda facturable, como mínimo pago, sin derecho a consumo.
- Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida.

En la tabla 27 se muestra el resumen de facturación del medidor 90106, se detalla la demanda (KW), consumo (KW-h), factor de potencia (fp) para todos los meses de enero del 2014 a mayo del 2015.

Tabla 27

Resumen de facturación medidor 90106

Número de medidor: 90106				
Año	Mes	Demanda (KW)	Consumo (KW-h)	fp
2014	1	35	3247	0,948
2014	2	39	3349	0,95
2014	3	40	4180	0,954
2014	4	40	3727	0,972
2014	5	38	4015	0,973
2014	6	41	4356	0,967
2014	7	42	4773	0,967
2014	8	42	4041	0,967
2014	9	49	4186	0,934
2014	10	40	4067	0,947
2014	11	42	3546	0,922
2014	12	40	3464	0,927
2015	1	46	3452	0,935
2015	2	38	3732	0,907
2015	3	44	4021	0,904
2015	4	45	3776	0,911
2015	5	44	4511	0,944

En la figura 23 se muestra la variación de del consumo en KW-h del medidor 90106, como se observa en la gráfica el mes de Enero del 2014 se tuvo el menor consumo de energía con 3247 KW-h es decir existió un decrecimiento en la producción como se observa en el punto 2.4 literal a.

En el mes de julio del 2014 se dio la mayor demanda con 4773 kW-h en este mes se registran la mayor cantidad de productos como se muestra en el punto 2.4 literal g

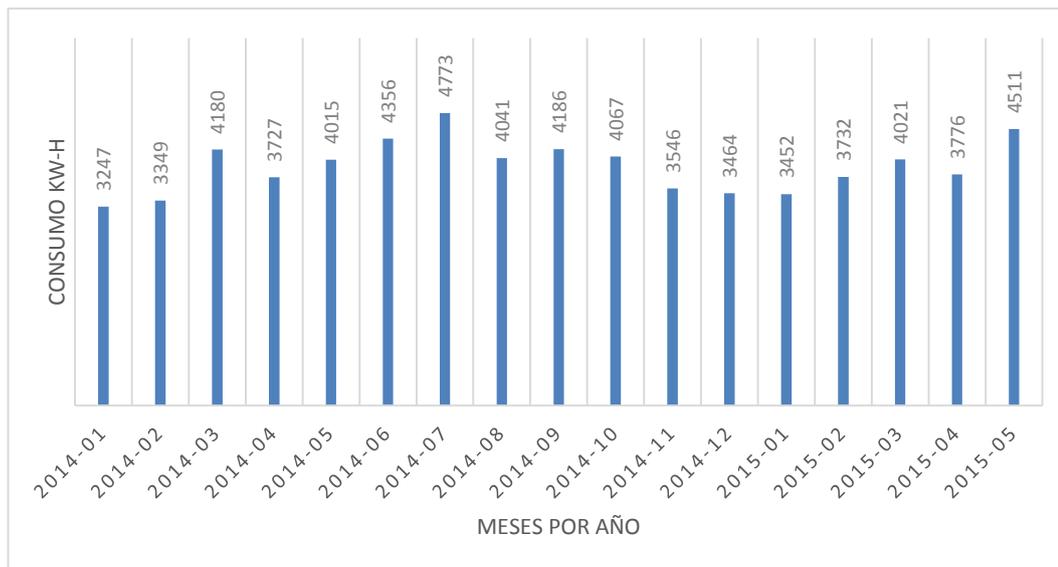


Figura 23 Consumo de KW-h por cada mes del medidor 90106

El medidor 107063 está conectado al tablero 2, tablero 5 y tablero 6 siendo el suministro de energía eléctrica del área CNC, cocinas, hornos debido a ser dispositivos electrónicos estos afectan al factor de potencia, este parámetro será analizado en el capítulo 3. A continuación se muestra el resumen de demanda en KW y consumo en KW-h del medidor 107063 en la tabla 28.

Tabla 28

Resumen de facturación medidor 107063

Número de medidor: 107063				
Año	Mes	Demanda (KW)	Consumo (KW-h)	fp
2014	1	13	1421	0,948
2014	2	13	1730	0,95
2014	3	13	1684	0,954
2014	4	13	1706	0,972
2014	5	13	1608	0,973
2014	6	13	1634	0,967
2014	7	13	1832	0,967
2014	8	13	1721	0,967
2014	9	13	1611	0,934
2014	10	13	1538	0,947
2014	11	13	1830	0,922
2014	12	13	1607	0,927

CONTINÚA 

2015	1	23	1889	0,935
2015	2	23	1831	0,907
2015	3	23	1627	0,904
2015	4	23	1832	0,911
2015	5	23	1667	0,944

En la figura 24 se muestra la variación de del consumo en KW-h del medidor 107063, como se observa en la gráfica en los primeros 5 meses se consume un promedio de 1600 kW-h en los siguientes seis meses baja la demanda a un promedio de 800 kW-h y en los últimos seis meses incrementa la demanda con 2800 kW-h, el mes de julio del 2014 se tuvo el menor consumo de energía con 494 kW-h, y en el mes de marzo del 2015 se presentó mayor demanda con 3527 kW-h.

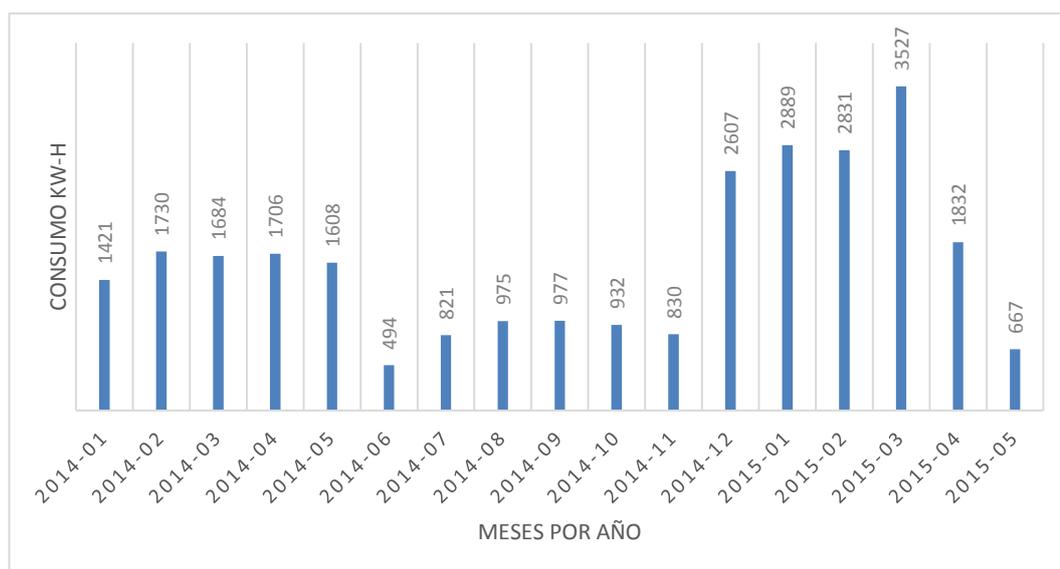


Figura 24 Consumo de KW-h por cada mes del medidor 107063

2.6 Problemas encontrados

La diagnostico energético realizado en la industria permitió identificar los siguientes problemas:

- Se tuvo que elaborar check list para verificar las partes eléctricas, mecánicas, neumáticas y/o hidráulicas en función a cada máquina, debido a que todas no tienen las mismas características técnicas.
- Para revisar y valorar los elementos eléctricos, mecánicos, hidráulicos y neumáticos de cada máquina de las diferentes secciones se tuvo problemas debido que la producción no se detiene, además se debe

tener mucho cuidado si las máquinas están energizadas o en funcionamiento.

- Se evidencio problemas por cuanto Industria Metálica Cotopaxi no lleva un registro de producción por secciones y los maneja en general por órdenes de trabajo.
- Al instante de realizar un resumen de la producción se tuvo muchos problemas al momento de clasificarlas debido que registran en el sistema en forma general y no por departamentos de producción.
- Para realizar el análisis del consumo de energía en horas ECB: 22-08h, EPF: 18-22h, ECV: 08:18h no fue posible debido a que esta información ELEPCO S.A. no facilita a personal público.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LAS INSTALACIONES DE INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI

3.1 Revisión energética.

Industria Metálica Cotopaxi se ha ampliado en infraestructura de una manera no planificada, y no existen planos eléctricos o diagramas unifilares de las cargas instaladas.

Con la ayuda de los ingenieros a cargo del área de producción y de los operarios de las maquinas se realizó los diagramas unifilares de la empresa. Con esta información se realizó la modelación en Etap 12.6.0 para conocer e identificar si los transformadores, barras, cables y cargas funcionan correctamente o si se encuentran sobre cargadas o sub cargadas.

3.2 Modelación del sistema eléctrico con en ETAP 12.6.0

Con el diagrama unifilar que se muestra en el Anexo E y con los elementos principales del sistema eléctrico indicados en la tabla 29 se consideraron los parámetros para el modelamiento de las máquinas que son:

- Tipo de carga (lineal o no lineal)
- Nivel de voltaje
- Potencia
- Eficiencia
- Factor de potencia

Como también en las acometidas los parámetros a considerar son:

- Tipo de conductor
- Calibre del conductor
- Distancia de la acometida

Tabla 29

Componentes principales del SEP de IMC

Componente		ID	Rango	
2 Transformador de Potencia 3Ø		TRANSFORMADOR	Primario	Secundario
			13,8kV	0,220kV
Barras Principales	T1	ELEPCO S.A.	13,8kV	
		Barra_1	0,22kV	
		Barra_3	0,22kV	
		Barra_6	0,22kV	
	T2	Barra_2	0,22kV	
		Barra_4	0,22kV	
		Barra_5	0,22kV	
Cables Principales	T1	Cable 4	THWN-2/0	28,5m
		Cable 23	THWN-2	28,5m
		Cable 8	THWN-1/0	20m
		Cable 37	THWN-2/0	190m
	T2	Cable 38	THWN-2/0	40m
		Cable 79	Rubber-2/0	80m
		Cable 38	Rubber-2/0	38m

3.2.1 Modelamiento de cargas

Las cargas se modelaran en Lumped load y Static load a continuación se detalla cada una de ellas.

a. Lumped load

Permite modelar a motores, que en caso de un cortocircuito estos aportan con I_{sc} , esta corriente es un parámetro para la selección de las barras de los tableros.

En la figura 25 se muestra el modelamiento de la prensa PH-1 en la figura de la izquierda se agrega el nombre, el tipo de conexión como también el factor de demanda de la máquina y en la figura de la derecha de debe registrar la potencia (kVA), el nivel de voltaje (kV) y el factor de potencia, para el análisis se modelara como una carga a 80% de potencia constante y 20 de impedancia constante.

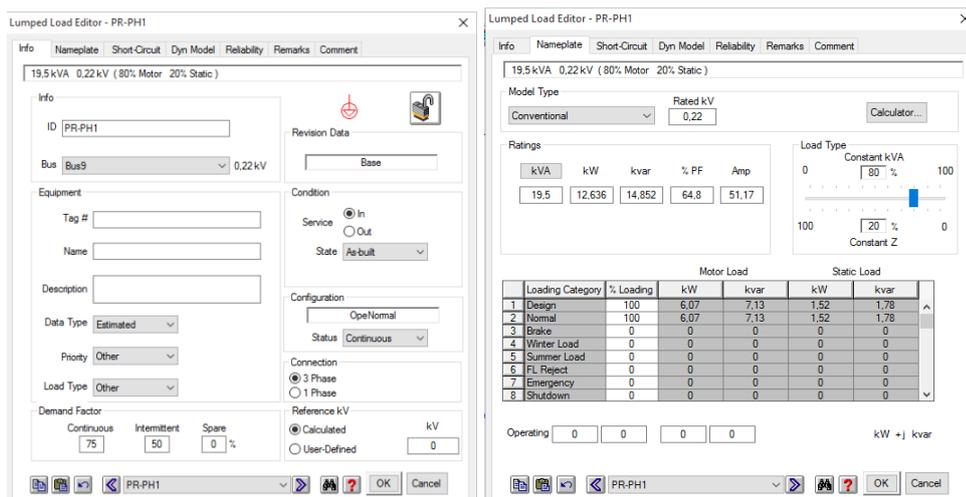


Figura 25 Modelamiento de la prensa hidráulica PH-1

b. Static Load

Para luminarias y equipos de oficinas se modelara mediante Static load, de igual forma permite ingresar el nombre de la máquina, tipo de conexión, factor de demanda, la potencia (kVA) entre otras, esta proporciona una opción de armónicos la misma que se puede cargar desde la librería y si no existen se puede diseñar.

En la figura 26 se muestra los pasos para cargar armónicos, se da clic en Harmonic y en librería, para las lámparas fluorescentes se seleccionara el típico de la IEEE.

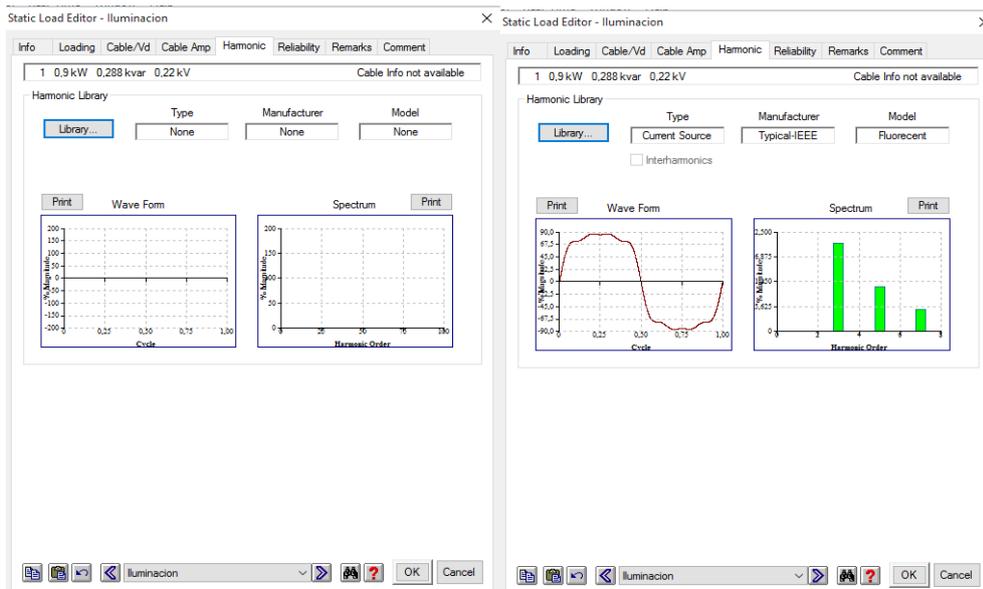


Figura 26 Modelamiento de una lámpara fluorescente

3.3 Flujo de carga en Etap 12.6.0

El flujo de carga de IMC mediante la simulación en ETAP Power System Design & Analysis permite conocer cuál es el comportamiento del SEP en operación normal, como también a demanda máxima.

3.3.1 Flujo de carga a demanda normal de operación

Las cargas en operación normal se muestran en el anexo D estas son operadas diariamente como también se enciendan y se apaguen en el transcurso de la jornada de trabajo. Como referencia se tiene que la demanda máxima en operación normal es de 51,412 kW en T1 y 34,48 kW en T2, los datos generados en Etap 12.6.0 deben ser los mismos que se registran en el Fluke 1735.

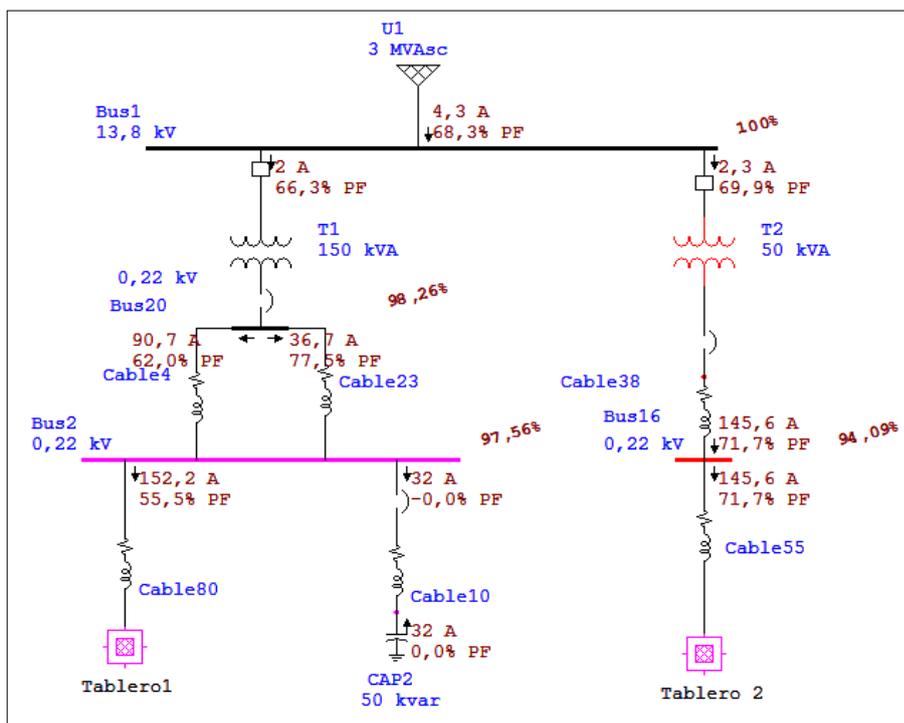


Figura 27 Flujo de potencia del tablero 1 y 2

En el periodo de medición la prensa PR-PH2 entro a mantenimiento y la demanda bajo a 31.031 kW en T1, de acuerdo a esto se modelara en Etap sin PR-PH-2, en la figura 27 se muestra el SEP de IMC y en la figura 28 se muestran datos registrados por el analizador Fluke 1735, observándose el voltaje L-L, la corriente, potencia activa, factor de potencia como también la

energía consumida, datos obtenidos de las mediciones del lado de baja del transformador 1.

Fecha	Función	Duración	L31 Min	L31 Med	L31 Max	Total Min	Total Med	Total Max
03/08/2015 10:29:05 Oms	Tensión		211,809 V	211,809 V	211,809 V			
03/08/2015 10:29:05 Oms	Corriente		128,755 A	128,755 A	128,755 A			
03/08/2015 10:29:05 Oms	Frecuencia							
03/08/2015 10:29:05 Oms	Potencia Activa					31,601 kW	31,601 kW	31,601 kW
03/08/2015 10:29:05 Oms	Potencia Reactiva					34,048 kVAR	34,048 kVAR	34,048 kVAR
03/08/2015 10:29:05 Oms	Potencia Aparente					46,764 kVA	46,764 kVA	46,764 kVA
03/08/2015 10:29:05 Oms	Factor de Potencia					0,66	0,66	0,66
03/08/2015 10:29:05 Oms	Energía activa					41,95 kWh	41,95 kWh	41,95 kWh
03/08/2015 10:29:05 Oms	Energía Reactiva					34,34 kVARh	34,34 kVARh	34,34 kVARh

Figura 28 Datos de T1 registrados por Fluke 1735

En la figura 29 se muestran datos registrados por el analizador Fluke 1735, del lado del secundario del transformador 2. Como se observa en el anexo D la demanda en T2 es de 34,48 kW sin considerar a PR-PH-7 y PR-CF1 que se encuentran en la sección prensa pero conectadas a T2, estas cargas adicionales hacen una nueva demanda equivalente a 38kW.

Fecha	Función	Duración	L2 Min	L2 Med	L2 Max	Total Min	Total Med	Total Max
18/08/2015 10:36:44 Oms	Potencia Activa		12,815 kW	12,815 kW	12,815 kW	37,21 kW	37,21 kW	37,21 kW
18/08/2015 10:36:44 Oms	Potencia Reactiva		12,992 kVAR	12,992 kVAR	12,992 kVAR	36,867 kVAR	36,867 kVAR	36,867 kVAR
18/08/2015 10:36:44 Oms	Potencia Aparente		18,312 kVA	18,312 kVA	18,312 kVA	52,58 kVA	52,58 kVA	52,58 kVA
18/08/2015 10:36:44 Oms	Factor de Potencia		0,694	0,694	0,694	0,701	0,701	0,701
18/08/2015 10:36:44 Oms	Energía activa		92,80 kWh	92,80 kWh	92,80 kWh	272,22 kWh	272,22 kWh	272,22 kWh
18/08/2015 10:36:44 Oms	Energía Reactiva		83,50 kVARh	83,50 kVARh	83,50 kVARh	244,90 kVARh	244,90 kVARh	244,90 kVARh
18/08/2015 10:41:44 Oms	Tensión		122,302 V	122,302 V	122,302 V			
18/08/2015 10:41:44 Oms	Corriente		143,236 A	143,236 A	143,236 A			
18/08/2015 10:41:44 Oms	Frecuencia							

Figura 29 Datos T2 registrados por Fluke 1735

Los datos que se muestran en la tabla 30 son en máxima operación a condición normal estos datos se comparan con los obtenidos en Etap 12.6.0 como se observa el error es menor a 2 % y se puede simular con la condición de demanda máxima permitiendo conocer el desempeño de SEP de IMC.

Tabla 30

Valores registrados por el Fluke 1735 y Etap12.6.0 de IMC

	FLUKE 1735		ETAP 12.6.0		ERROR (%)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Potencia (Kw)	31,601	37,21	31,8	37,369	0,6257	0,4254
Corriente(A)	128,25	143,23	127,4	145,6	-1,5378	1,6270
Voltaje(V)	211,80	211,31	214,63	207,90	1,4062	-1,6402
FP	0,661	0,702	0,667	0,717	1,6369	1,9553

a. Regulación de voltaje en las barras principales

Debido a que la mayoría de cargas de Industria Metálica Cotopaxi son motores estos generan una alta potencia Reactiva (Q) que ocasiona caídas de voltaje, la regulación de voltaje permitida es de 5% en límite superior e inferior. En Etap 12.6.0 para el cálculo de la caída de voltaje usa la ecuación 3.

$$V_s - V_L = RICos\theta + XI\sin\theta$$

Uno de los parámetros para el cálculo de la caída de voltaje es la resistencia y reactancia que varía dependiendo del cable, en los tableros de IMC los cables conectados a los tableros son tipo THWN y Rubben, los valor de la impedancia se muestra en la tabla 31.

Tabla 31

Valores de resistencia e impedancia

Cable	Calibre	R(Ω)	X(Ω)
THWN	2/0	0,1	0,054
THWN	2	0,2	0,057
THWN	1/0	0,12	0,055
Rubben	4	0,039	0,032
Rubben	8	0,811	0,0503

A continuación se calculara la regulación de voltaje en el tablero 2, los datos que se tienen son los siguientes:

$$Z = 0,1 + 0,054j, \quad V = 220 \text{ L} - \text{L}, \quad I = 145,6 \quad fp = 0,7155$$

Reemplazando los valores en la Ec. 3 obtenemos la caída de voltaje en la entrada al tablero 2.

$$V_s - V_L = RICos\theta + XI\sin\theta$$

$$V_s - V_L = 0,1 * 145,6 * 0,7155 + 0,054 * 145,6 * 0,3273$$

$$V_s - V_L = 12,9915$$

La variación de voltaje es 12,9915 equivale al 5,9052%, con este dato la regulación de voltaje en el tablero 2 es 94.0947%

En la tabla 32 se muestra la regulación de voltaje de los tableros 1, 3, 6 que se encuentran en los rangos permitidos del 5%, pero en los tableros 2, 4, 6 la regulación de voltaje cae hasta un 9,08% saliendo de los rangos permitidos, las soluciones aumentar el calibre del conductor o ingresar un banco de capacitores para mejorar la regulación de voltaje como también el factor de potencia.

Tabla 32

Regulación de voltaje en los tableros de IMC

Salida T1		98,26	Salida T2		94,09
T1	Tablero 1	97,56	T2	Tablero 2	92,53
	Tablero 3	97,47		Tablero 4	90,19
	Tablero 6	97,55		Tablero 5	90,92

En la figura 30 se muestra una gráfica de control de la variación de voltaje en la salida del transformador 1 en una semana de trabajo, como se puede observar el nivel de voltaje no supera los límites establecidos, cuando la planta de producción entra en operación el voltaje se encuentra bajo la línea base y cuando las maquinas se apagan el nivel de voltaje supera la línea base, para mayor detalle revisar anexo G-3.

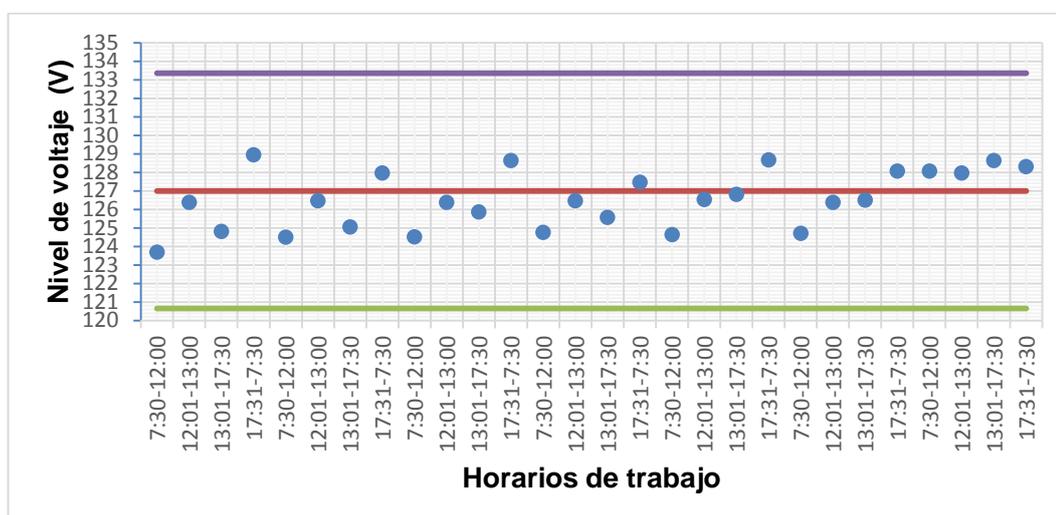


Figura 30 Variación de voltaje en T1 en una semana de trabajo

En la figura 31 se muestra una gráfica de control de la variación de voltaje en la salida del transformador 2, el nivel de voltaje en T2 no supera los límites establecidos, cuando la planta de producción entra en operación

el voltaje se encuentra bajo la línea base y cuando las maquinas se apagan el nivel de voltaje supera la línea base acercándose mucho al límite superior.

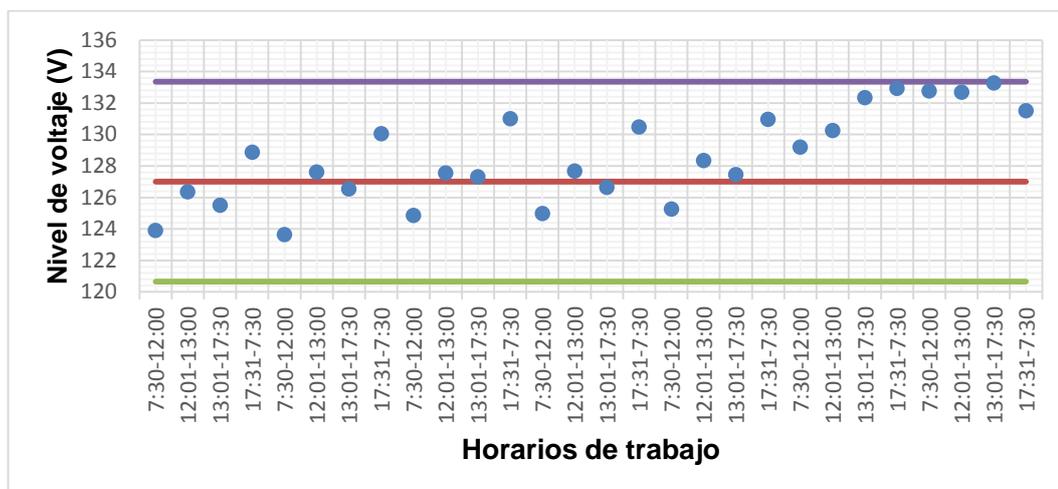


Figura 31 Variación de voltaje en T2 en una semana de trabajo

Los motores al ser cargas de potencia constante consumen la misma potencia en todo instante si baja el nivel de voltaje sube la corriente para compensar y antes elevadas corrientes se puede ocasionar ruptura del aislamiento del cable de los bobinados ocasionando cortocircuitos.

b. Factor de potencia

Mediante las mediciones realizadas con el Fluke 1735 en los transformadores T1 y T2 se calcula el factor de potencia con los consumos de energía, esto permitirá identificar si el factor de potencia (fp) de la planta de producción se encuentra en los rangos permitidos por la resolución 004-010 del CONELEC.

Calculamos kVA-h mediante la Ec.3.3

$$\text{kVA} - \text{h} = \sqrt{(\text{kW} - \text{h})^2 + (\text{kVAR} - \text{h})^2}$$

Ec. 5

Reemplazamos los datos obtenidos del transformador 1 en la Ec. 5 conociendo que kW-h = 910,36 y kVAR-h = 854,6

$$\text{kVA} - \text{h} = \sqrt{910,36^2 + 854,6^2}$$

$$\text{kVA} - \text{h} = 1248,637$$

Reemplazamos los valores de kVA – h y kW – h en la Ec. 4 obteniendo el factor de potencia del transformador 1.

$$fp = \frac{910,36}{1248,637} = \mathbf{0,729}$$

En el transformador 2 se registró kW-h = 1010,68 y kVAR-h =869,55 calculamos la energía aparente

$$kVA - h = \sqrt{1010,68^2 + 869,55^2}$$

$$kVA - h = 1333,26$$

Reemplazamos los valores de kVA – h y kW – h en la Ec. 4 obteniendo el factor de potencia del transformador 1.

$$fp = \frac{1010,68}{1333,26} = \mathbf{0,758}$$

El factor de potencia del transformador 1 y 2 están bajo el permitido que es 0,92 y sufrirán penalización en la facturación, para la corrección del factor de potencia se deben ingresar bancos de capacitores para que factor de potencia (fp) sea igual o mayor a 0,92.

c. Armónico

Las cargas de la empresa que aportan con armónicos son las computadoras, lámparas fluorescentes, maquinas CNC entre otras, conocidas como cargas no lineales. En la figura 32 se muestra los armónicos de voltaje correspondientes al transformador 1, partiendo de estos datos se calcula el valor del THD V % mediante la ecuación 7.

$$THD V\% = \frac{\sqrt{\sum_{n \neq 0}^{\infty} Vn^2_{rms}}}{V}$$

Ec. 6

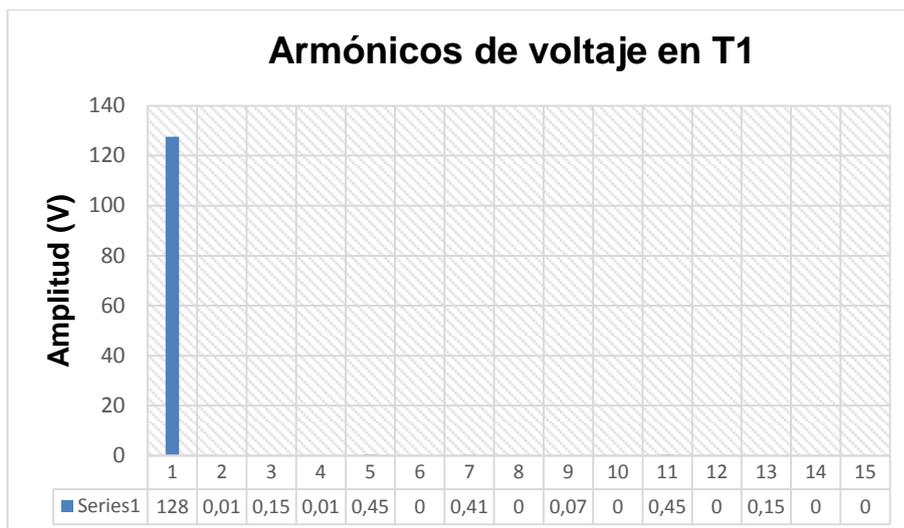


Figura 32 Armónico de voltaje en T1

$$THD V\% = \frac{0,15^2 + 0,45^2 + 0,41^2 + 0,07^2 + 0,45^2 + 0,15^2}{127,62}$$

$$THD V\% = \frac{0,623}{127,62} * 100 = 0,488\%$$

El valor de THD V% de T1 cumple con el valor establecido por la resolución No. CONELEC.004/01.

En la figura 33 se muestra los armónicos de voltaje correspondientes al transformador 2, partiendo de estos datos se calcula el valor del THD V % mediante la ecuación 6.

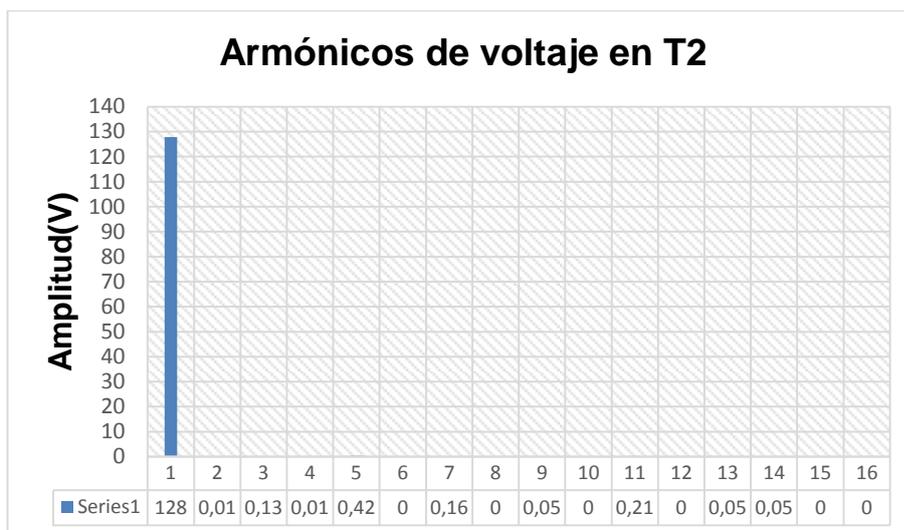


Figura 33 Armónicos de voltaje en T2

$$THD V\% = \frac{\sqrt{0,13^2 + 0,42^2 + 0,16^2 + 0,05^2 + 0,21^2 + 0,05^2}}{127,62}$$

$$THD V\% = \frac{0,517}{127,87} * 100 = 0,404\%$$

El valor de THD V% de T2 cumple con el valor establecido por la resolución No. CONELEC.004/01. Los valores de THD V% en el transformador 1 y 2 se encuentran en los rangos permitidos por la resolución del CONELEC, Debido que el valor permitido de $THD V\% = 10\%$

Uno de los parámetros que ocasionan perdidas por efectos joule son los armónicos de corriente estos se presentan en los transformadores 1 y 2 generando valores de THDA altos y bajos, a continuación se detallas el THDA y su nivel de corriente. Como se observa en la figura 34 el THD A% que aparece con mayor frecuencia de es el de valor 11.93%, aparecen otros valores THD A% de mayor amplitud con una frecuencia muy baja.

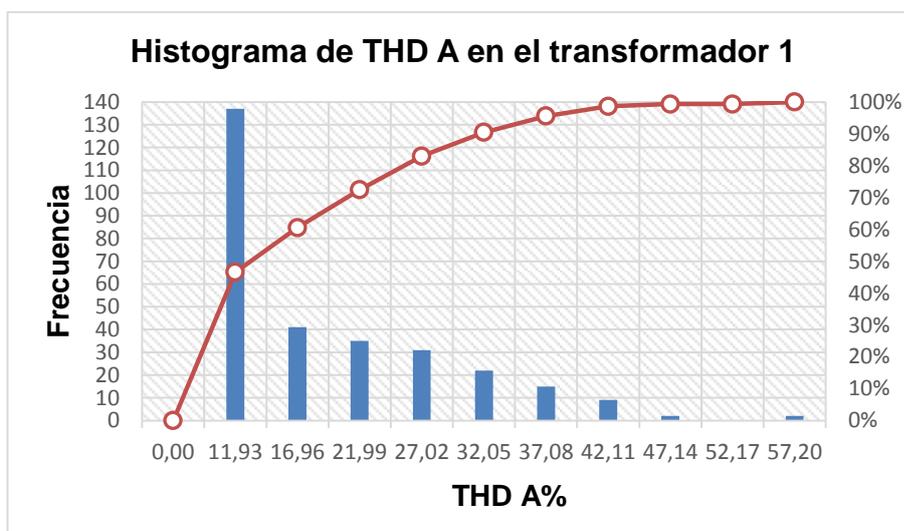


Figura 34 Histograma de THD A% en el transformador 1

A continuación en la figura 35 se muestra los espectros de armónicos correspondientes al THD A% igual a 11,93, esto permitirá modelar en ETAP para encontrar un filtro y mitigar perdidas de energía por armónicos.

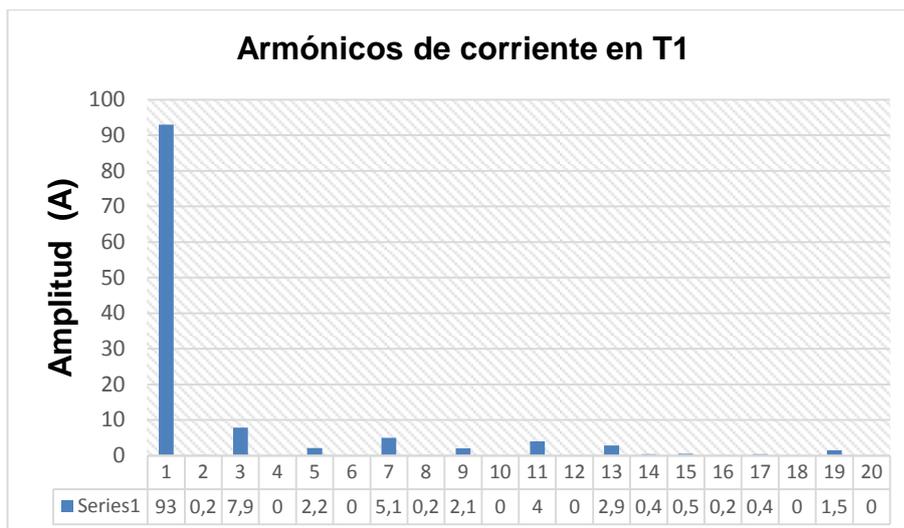


Figura 35 Armónicos de corriente en T1

Por efecto de los armónicos aparece una nueva potencia conocida como potencia de distorsión (D) y el nuevo factor de potencia se calcula con la ecuación 3.5.

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{P}{P^2 + Q^2 + D^2}$$

Ec. 4

Para el cálculo real del factor de potencia se usa la ecuación 7

$$PF = \cos \phi * PF_{Dist}$$

Ec. 7

Donde el factor de potencia de distorsión se calcula en función del THD A

$$PF_{Dist} = \frac{1}{1^2 + THD A^2}$$

Ec. 8

En función de THD A% igual a 11,93 reemplazamos en la ecuación 8 y calculamos el factor de potencia de distorsión.

$$PF_{Dist} = \frac{1}{1^2 + THD A^2}$$

$$PF_{Dist} = \frac{1}{1^2 + 0,1193^2} = 0,9929$$

Reemplazamos el $\cos \phi = 0,729$ y $PF_{Dist} = 0,9929$ en la ecuación 7 se obtiene el factor de potencia real

$$PF = \cos \phi * PF_{Dist}$$

$$PF = 0,729 * 0,9929 = 0,723$$

El factor de potencia real es 0,723 manteniéndose bajo el valor 0,92 regulado por el ARCONEL. El transformador 2 al tener conectada cargas no lineales generan THD A% altos como se observa en la figura 36 los THD A% con mayor frecuencia es 10,01 y 23,77, a continuación se analizara los armónicos del de mayor frecuencia.

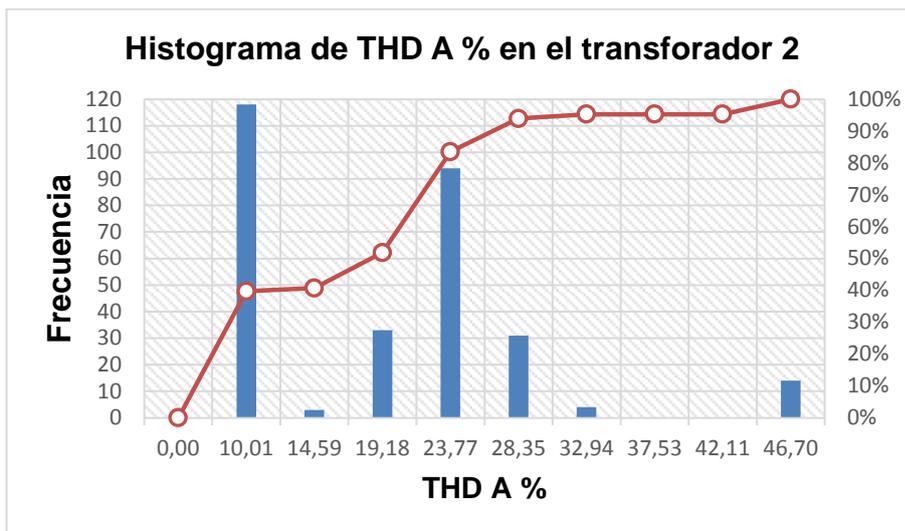


Figura 36 Histograma de THD A % en el Transformador 2

A continuación en la figura 37 se muestra los espectros de armónicos correspondientes al THD A% igual a 23,77, esto permitirá modelar en ETAP para encontrar un filtro y mitigar pérdidas de energía por armónicos.

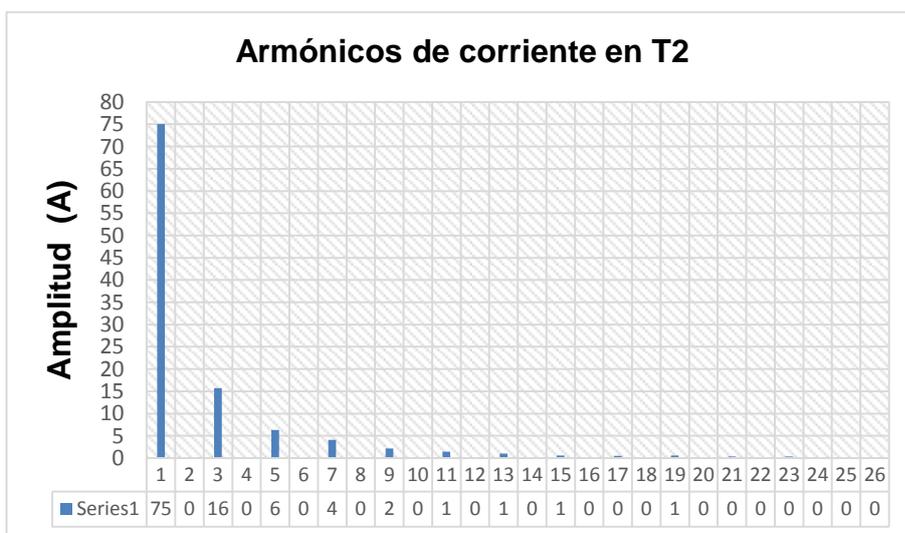


Figura 37 Armónicos de corriente en T2

En función de THD A% igual a 23,77 reemplazamos en la ecuación 8 y calculamos el factor de potencia de distorsión.

$$PF_{Dist} = \frac{1}{\sqrt{1^2 + THD A^2}}$$

$$PF_{Dist} = \frac{1}{\sqrt{1^2 + 0,2377^2}} = 0,9728$$

Reemplazamos el $\cos \phi = 0,758$ y $PF_{Dist} = 0,9728$ en la ecuación 7 se obtiene el factor de potencia real

$$PF = \cos \phi * PF_{Dist}$$

$$PF = 0,758 * 0,9728 = 0,737$$

El factor de potencia real es 0,737 manteniéndose bajo el valor de 0,92 regulado por el CONELEC.

3.3.2 Flujo de carga a demanda máxima de operación

Esta condición está sujeta a que todas las maquinas se encuentren en operación es decir la planta funciona a su máxima capacidad permitiendo conocer cuál es el funcionamiento del SEP de industria metálica Cotopaxi. En la figura 38 se puede observar que los transformadores, cables y barras se encuentran en color rojo, esto sucede cuando están sobrecargadas, si muestran un color rosado se encuentran en un funcionamiento marginal.

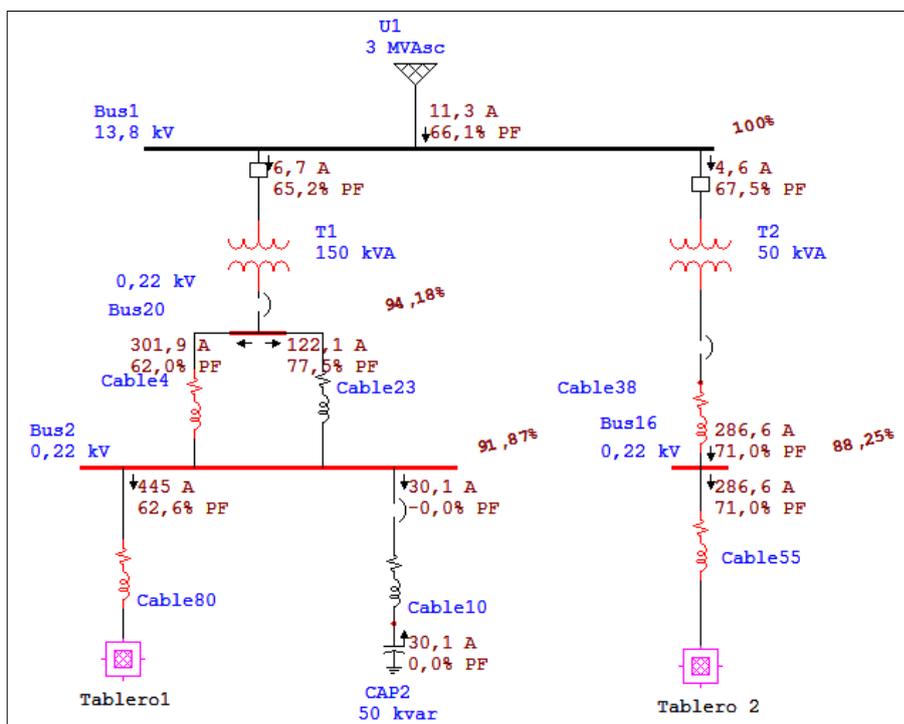


Figura 38 Flujo de carga a máxima demanda

En el anexo H se muestra el flujo de carga bajo condiciones de máxima demanda de carga, se observa que ambos transformadores sufren sobrecargas, con un exceso de 10kVA en el transformador 1 y con 46kVA en el transformador 2 casi duplicando la carga a la cual fue diseñada, también se observa sobrecarga en los conductores principales, caídas de voltaje baja las permitidas y bajos factor de potencia en las barras. La sobrecarga en transformadores afecta a su rendimiento como a su vida útil esta depende de las horas de sobrecarga y el calentamiento en grados centígrados.

a. Regulación de voltaje en las barras principales

Bajo la operación a carga máxima el SEP de IMC sufre caídas de voltaje bajo los rangos permitidos del 5%, en la tabla 33 se muestra las caídas de voltaje en T1 y T2. Bajo esta condición de operación los bobinados de los motores como también cables pueden sufrir daños con fisuras en el aislamiento y provocando cortocircuitos.

Tabla 33

Regulación de voltaje a demanda máxima

Salida T1		94,18%	Salida T2		88,33%
T1	Tablero 1	91,87%	T2	Tablero 2	85,19%
	Tablero 3	91,38%		Tablero 4	80,68%
	Tablero 6	90,89%		Tablero 5	81,65%

En el anexo I-3 se observa la regulación de voltaje en todas las barras principales del SEP como también en las cargas.

3.4 Eficiencia en luminarias

Industria Metálica Cotopaxi para evitar el uso continuo de la iluminación artificial optó por la instalación de eternit translucidos y así aumentar la eficiencia en iluminación, de acuerdo al decreto 2393 de higiene y salud laboral menciona “que todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daños para los ojos” (IEES, 2015).

Los niveles de iluminación mínima para trabajos específicos y similares se muestran en la tabla 34.

Tabla 34

Niveles de luxes para trabajos específicos

ILUMINACIÓN MÍNIMA	ACTIVIDADES
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso.
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
100 luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores.
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000 luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

Fuente: IESS, 2011

En la tabla 35 se muestra el tipo de lámparas usadas en las áreas de IMC como también la potencia y su respectiva descripción, mediante el levantamiento de carga las lámparas usadas son de marca OSRAM de alta eficiencia y larga vida útil.

Tabla 35

Tipo de lámpara usado para iluminación

Oficinas gerencia				
Tipo de lámpara	Cantidad	Potencia	Total	Descripción

CONTINÚA



Lámparas fluorescentes circulares	5	20W	100W	Buena calidad de luz, excelente flujo luminoso, económico e ideal para edificios público.
Lámparas fluorescentes tubo	10	54W	540W	Reducción de la perdida de luz sobre su vida (solo 10%), ideal para edificios públicos, oficinas, tiendas etc.
Oficinas Ing.				
Tipo de lámpara	Cantidad	Potencia	Total	Descripción
Lámparas fluorescentes tubo	1	54W	54W	Reducción de la perdida de luz sobre su vida (solo 10%), ideal para edificios públicos, oficinas, tiendas etc.
Área de prensas				
Tipo de lámpara	Cantidad	Potencia	Total	Descripción
Lámparas de sodio de alta presión	9	400W	3600W	Alta eficiencia, largo tiempo de vida, valores UV por debajo de los umbrales máximos permitidos por la IEC 61167.
Área CNC				
Tipo de lámpara	Cantidad	Potencia	Total	Descripción
Lámparas fluorescentes tubo	16	54W	864W	Reducción de la perdida de luz sobre su vida (solo 10%), ideal para edificios públicos, oficinas, tiendas etc.
Bodega				
Tipo de lámpara	Cantidad	Potencia	Total	Descripción

CONTINÚA



Lámparas fluorescentes tubo	8	54	432W	Reducción de la perdida de luz sobre su vida (solo 10%), ideal para edificios públicos, oficinas, tiendas etc.
Área de cocinas, hornos y puertas				
Tipo de lámpara	Cantidad	Potencia	Total	Descripción
Lámparas de sodio de alta presión	11	400	4400W	Alta eficiencia, largo tiempo de vida, valores UV por debajo de los umbrales máximos permitidos por la IEC 61167

El diseño del techo de IMC con eternit translucido es beneficioso por cuanto permite el ingreso de la luz natural evitando así el encender las lámparas de sodio de alta presión todo el día, en el techo existe un total de 36 eternit. Las lámparas fluorescentes que se mantienen encendidas son las de gerencia, ventas, contabilidad, bodega, CNC, oficina Ing., en el anexo K se muestran el nivel de luxes en todas las áreas de producción.

Como se puede observar en la tabla 36 se muestra la comparación de luxes medidos y los luxes establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) y verificar si cumple o no y si es el caso tomar acciones y evitar posibles accidentes laborales.

Tabla 36

Luxes en las áreas de producción

ÁREA	LUXES medidos	LUXES IESS	Observación
Gerencia	250	300	NO CUMPLE
Contabilidad	343	300	SI CUMPLE
Ventas	303	300	SI CUMPLE
Prensas	164	200	NO CUMPLE
Bodega	140	50	SI CUMPLE
Oficina Ing.	313	300	SI CUMPLE

CONTINÚA



CNC	350	300	SI CUMPLE
Hornos	554	300	SI CUMPLE
Cocinas	504	300	SI CUMPLE
Amasadoras	429	300	SI CUMPLE
Puertas	550	300	SI CUMPLE

Las secciones de gerencia y prensa no cumplen con los luxes mínimos establecidos por el IEES, por lo que se recomienda que se cambien las lámparas quemadas y al inicio de la jornada de trabajo se enciendan las luminarias, las demás áreas de producción cumplen con los niveles de luxes establecidos.

3.5 Definición de los usuarios significativos energéticos(USEn)

Mediante el diagrama de Pareto acerca de las máquinas con mayor potencia instalada se identificó en cuales debemos enfocarnos de tal forma que si mejoramos la eficiencia de producción de dichas maquinas se verá una variación significativa en el consumo de energía.

3.6 Indicadores del desempeño energético (IDEn).

El área con mayor consumo de energía es la sección prensas debido a esto se busca optimizar tiempos de trabajos, permitiendo reducir consumos de energías. Con la ayuda del analizador trifásico se registró el consumo de energía KW-h y se identificó la cantidad de productos que se realizan por una hora de trabajo.

Un IDEn es un valor cuantitativo que pretende medir y aportar información sobre el desempeño energético de una organización, se pretende establece el consumo del prensado/cantidad de producto fabricado, para dar el seguimiento del consumo de energía de una línea de producción, instalación, máquina o equipo.

En la sección prensas con la ayuda del analizador Fluke 1735 se realizaron mediciones en las prensas hidráulicas y en las máquinas troqueladoras registrándose 727 mediciones en intervalos de 5 segundos. En la tabla 37 se muestran los valores de las de los consumo de energía por una hora de trabajo

Tabla 37

Valores de W-h/ producto

Máquina	Energía activa (kW-h)	Energía Reactiva (kVAR-h)	N. productos	W-h/ Producto
PR-TR1	2,23	4,52	155	14,38
PR-TR2	1,79	9,06	144	12,43
PR-TR3	1,38	2,01	80	17,25
PR-TR7	0,9995	3,98	690	1,44
PR-PH1	6,6	9,2	116	56,896
PR-PH2	11,12	22,6	116	95,86
PR-PH3	3,016	7,76	104	29,034
PR-PH6	4,87	6,85	65	74,92
PR-PH7	1,2	1,66	63	19,04
PR-PH8	7,95	12,02	61	19,04
PR-PH10	2,84	4,14	101	28,118

En las curvas de energía de cada máquina se puede observar que cuando la energía es constante se debe a que la máquina en ese tiempo no opera por varios motivos como:

- Cambio de la matriz de prensa.
- Calibrar la matriz
- Transporte de materia prima
- Despacho de material prensado, entre otras.

En la tabla 38 se registran las pérdidas de energía de las máquinas de la sección prensas en una hora de trabajo.

Tabla 38

Pérdidas de energía en una hora de trabajo en la sección prensas

Máquina	Tiempo de parada (minutos)	Energía (kW-h)
PR-TR2	12	0,15
PR-TR3	4	0,08
PR-TR7	8	0,0702
PR-PH1	5	0,25
PR-PH2	25	4,019
PR-PH3	1:30	0,0624
PR-PH6	8:30	0,72
PR-PH7	19	0,98
PR-PH8	18	1,984

CONTINÚA



PR-PH10	14	0,534
PR-CZ1	12	0,0797
PR-DM2	20	0,2718
TOTAL		9,2011

En una hora de trabajo se registró 9,2011 kW-h como energía no aprovechada en la producción, si esta se mantiene al paso de las 8 horas laborales se tendría 73,6088 kW-h por día representando una pérdida de \$ 4,4 diarios, 368,044 kW-h por semana constituyendo una pérdida de \$ 22,08 y \$ 88,33 dólares mensuales. En el mes de julio el total a pagar en la factura eléctrica fue de \$ 701,91 mediante concientización en el uso de energía se reducirá \$ 88,33 y el valor facturado sería \$ 613,58 aproximadamente. Al año se registraría un ahorro de \$ 1059,96 en la planilla de la factura eléctrica.

3.7 Línea base energética

La línea base se define como el conjunto de indicadores seleccionados para el seguimiento y la evaluación sistemáticos de políticas y programas como también de los sistemas, áreas y equipos, se utiliza al inicio de la ejecución de un programa.

En la figura 39 se muestra la línea base en el transformador 1 correspondiente a la producción de en la sección prensas, la línea base será útil para establecer planes de ahorros energéticos y mejorar el desempeño energético en base a los consumos de energía kW-h y la producción, se observa que la correlación R^2 es de 0,8132 y para mejorar los resultados se espera que $R^2 = 1$

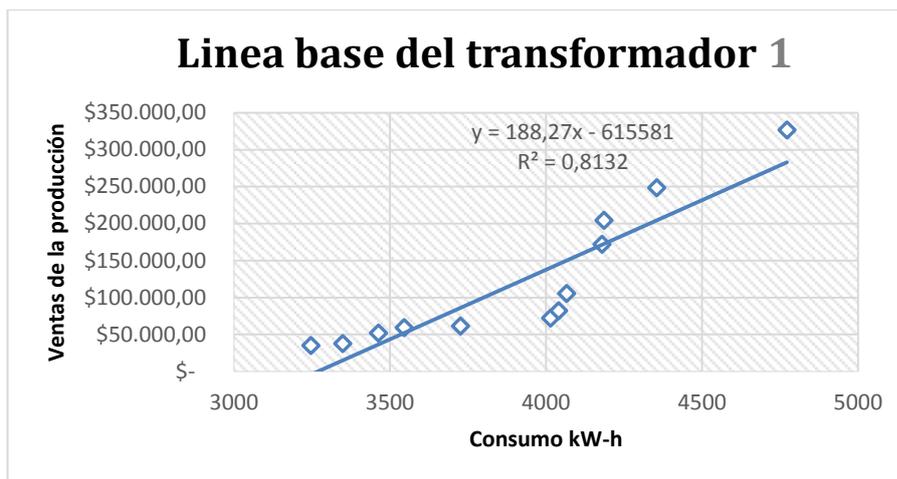


Figura 39 Línea base del transformador 1

En la figura 40 se muestra la línea base en el transformador 1 correspondiente a la producción de las sección cocinas, puertas, hornos, amasadoras, la línea base permitirá establecer planes de ahorros energéticos y mejorar el desempeño energético en base a los consumos de energía kW-h y la producción, se observa que la correlación R^2 es de 0,9223 y para mejorar los resultados se espera que $R^2 = 1$

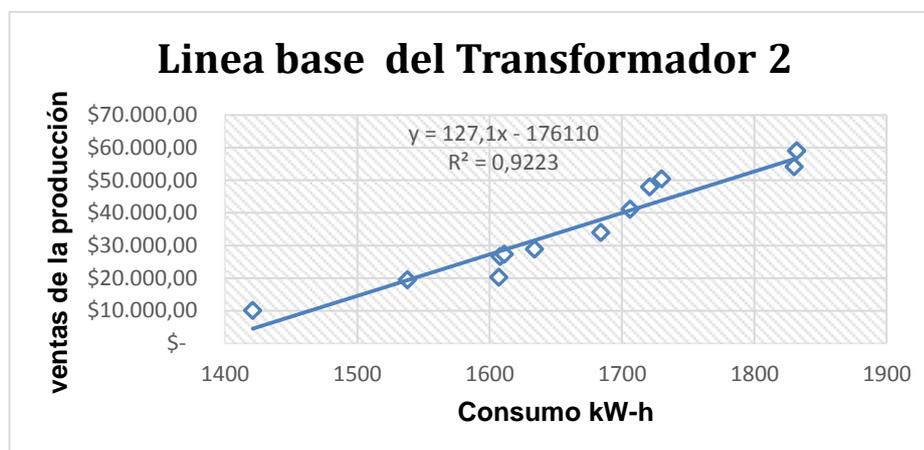


Figura 40 Línea base del transformador 2

La correlación R^2 para Industria Metálica Cotopaxi es fuerte debido que ambas superan 0,8 y se acercan a la unidad.

3.8 Control operacional

Con los resultados obtenidos en la evaluación de equipos en el punto 2.3.1 se identificó que en la sección prensas se debe establecer el control operacional en busca de garantizar criterios para la operación y el

mantenimiento eficaz de los usos energéticos significativos, la ausencia podría llevar a una desviación significativa de rendimiento energético.

Nos centraremos en el proceso y mantenimiento de las máquinas de mayor importancia como las de la sección prensas que son las máquinas que operan diariamente las 8 horas laborales. Se pretende determinar una serie de acciones que permitan garantizar una alta disponibilidad del activo, como también mejorar los tiempos de producción.

En la tabla 39 se observa los tiempos de operación para la elaboración de paneles en las diferentes máquinas que consiste en tres etapas:

- Etapa A: tiempo de trasladar una plancha de acero hacia la prensa.
- Etapa B: tiempo de prensado.
- Etapa C: tiempo de trasladar el material prensado para arrumarlo.

Tabla 39

Tiempos de operación en la sección prensas

Máquina	Etapa A		Etapa B		Etapa C		Tiempo total (s)
	Mejor	Peor	Mejor	Peor	Mejor	Peor	
PR-PH1	Mejor	11,31	Mejor	32,09	Mejor	3,34	46,74
	Peor	14,4	Peor	39,44	Peor	5,18	59,02
PR-PH2	Mejor	20	Mejor	18	Mejor	16	54
	Peor	30	Peor	20	Peor	30	80
PR-PH7	Mejor	13,79	Mejor	7,77	Mejor	6,9	28,46
	Peor	17,35	Peor	10,42	Peor	9,5	37,27
PR-PH8	Mejor	16,72	Mejor	11,42	Mejor	6,7	34,84
	Peor	19	Peor	13,7	Peor	8,30	32,7
PR-PH10	Mejor	13,74	Mejor	7,7	Mejor	6,55	27,99
	Peor	23,55	Peor	10,85	Peor	9,9	44,3
PR-TR1	Mejor	9,36	Mejor	8,3	Mejor	3,62	21,28
	Peor	15,49	Peor	10,3	Peor	6,24	32,03

Se pretende mejorar los tiempos en los procesos y así incrementar la producción con el mismo consumo de energía, para evitar cansancio o estrés laboral se recomienda una pausa activa de 5 minutos por cada hora de trabajo.

También un mantenimiento basado en la confiabilidad RCM II pretendiendo así evitar los efectos de las fallas cuando se produce una falla funcional en el activo.

Primero se debe partir por el sistema eléctrico tanto del transformador 1 como del transformador 2, como se mostró en el diagrama de flujo en ETAP este funciona en una forma correcta pero en las corridas eléctricas se encuentran empalmes, existiendo puntos calientes evidenciando chispas y hacen contacto con las bandejas del tendido eléctrico generando derivaciones a tierra y pérdidas eléctricas.

3.9 Problemas encontrados.

En el análisis energético de las instalaciones de Industria Metálica Cotopaxi se identificó los siguientes problemas:

- Para el modelamiento en ETAP de la planta de producción se tuvo muchos problemas debidos que IMC no cuenta con los diagramas unifilares del sistema eléctrico, por lo que se realizó el levantamiento de información.
- Para el modelamiento el ETAP de cargas como son: motores, luminarias, etc. se necesita conocer por lo menos la potencia kW y factor de potencia de las máquinas, pero en sus datos de placa no incluían esta información, la solución fue conectar el analizador trifásico para realizar las mediciones que permitirán conocer los datos requeridos para la modelación en ETAP.
- No se puede establecer la línea base en función del consumo en kW-h y la producción debido que IMC no se concentra en la producción de un solo producto sino mantiene una alta gama de productos.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA CON LA ISO 50001

4.1 Alcance

Implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía en la Industria Metálica Cotopaxi que permita la eficiencia energética en sus procesos de producción

Ayudando a alcanzar una eficiencia energética en la planta de producción mediante las buenas prácticas en el uso y consumo de energía demostrando una alta responsabilidad con el cuidado del medio ambiente.

4.2 Referencias normativas

Durante la propuesta de este Sistema de Gestión de energía se usó como referencia los siguientes documentos:

- UNI EN ISO 50001-2011, Sistemas de Gestión de Energía – Requisitos

4.3 Términos y definiciones

A los efectos de este documento, los siguientes términos y definiciones son usadas en la Norma ISO 50001:2011.

4.4 Requisitos generales.

Industria Metálica Cotopaxi deberá, documentar e implementar un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) de acuerdo con los requisitos de ISO 50001:2011.

Los objetivos de calidad, los resultados de las auditorías internas y externas, el análisis de los datos, las acciones correctivas y preventivas y la Revisión de la Dirección son algunas de las técnicas y las herramientas que Industria Metálica Cotopaxi usa para medir y mejorar el sistema continuamente.

- El Gerente Propietario junto con los empleados con mayor número de años de trabajo y experiencia, identificarán los procesos necesarios

para el Sistema de Gestión de la Calidad, la secuencia y las interacciones entre estos.

- Por cada proceso identificado se determinaron los criterios y métodos de funcionamiento así como también se determinaron la disponibilidad de los recursos y la información necesaria para la efectiva operación y el control de tales procesos.
- Cada proceso será supervisado, medido y analizado para identificar e implementar las acciones necesarias con el fin de alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

4.5 Responsabilidad de la dirección

4.5.1 Alta dirección

La alta dirección de Industria Metálica Cotopaxi o su representante, debe estar comprometido con la implementación del Sistema de Gestión de Energía, estableciendo los objetivos energéticos y la política energética.

Para seguir ofreciendo el liderazgo y demostrar el compromiso con la mejora continua del Sistema de Gestión de Energía, la Dirección General:

- Comunica a los empleados la importancia del Sistema de Gestión de Energía.
- Establece los objetivos energéticos y en las funciones correspondientes dentro de la empresa.
- Revisa la Política de Energética para determinar la continua idoneidad durante las reuniones de Revisión de la Dirección.
- Realiza reuniones trimestrales para evaluar la idoneidad del sistema, su adecuación y eficacia.
- Identifica las oportunidades de mejora y los cambios necesarios.
- Finalmente, garantiza la disponibilidad de recursos necesarios para la efectiva operación y el control de los procesos del Sistema de Gestión de Energía.

4.5.2 Representante de la dirección

Industria Metálica Cotopaxi deberá elegir a un representante que puede ser un empleado de la organización o contratado que cumpla con las

habilidades y competencias adecuadas, deberá reunir a un equipo de trabajo de todas las áreas de la empresa para:

- Fomentar la conciencia de las mejoras energéticas en toda la organización mediante capacitaciones.
- Aportar con recursos necesarios
- Garantizar que todos los procesos necesarios para el Sistema de Gestión de Energía sean establecidos, implementados y mantenidos.
- Informar sobre el desempeño y rendimiento del Sistema de Gestión de la Energía y advertir sobre las mejoras que son necesarias.
- Se realiza una Planificación de todas las actividades ligadas a la Gestión energética, para asegurar el control de los cambios dentro de la empresa.

4.6 Política energética

Industria Metálica Cotopaxi una empresa dedicada a la elaboración de productos metalmecánicos, asume el compromiso para alcanzar un mejoramiento en su desempeño energético y establece los siguientes principios:

1. Cumplir con los requerimientos legales suscritos por la organización, relacionados con el uso y consumo de energía y eficiencia energética.
2. Establecer, implementar y mantener objetivos de energía que sean compatibles con el resto de los objetivos de la organización, asegurando la disponibilidad de información y de los recursos necesarios para alcanzarlos, integrando el desempeño energético en las decisiones estratégicas del negocio.
3. Alcanzar la mejorar continua en el desempeño energético en todas las actividades de la organización, a través compra de productos, equipos y servicios energéticamente eficientes, compatibles con las directrices establecidas por la organización.
4. Asegurar que todas las personas que trabajan en la organización o para ella, cuenten con las competencias adecuadas para desarrollar una

conducta responsable en el uso y consumo de la energía y promover la creatividad e innovación tecnológica en éste ámbito.

5. Establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de energía basado en estándares internacionales, integrado a la gestión global de la empresa.

4.7 Planificación energética

Industria Metálica Cotopaxi controla su planificación mediante:

- Exigencias básicas de ahorro de energía.
- Limitaciones en la demanda de energía.
- Mantener eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- Mantener eficiencia energética de las instalaciones en la planta de producción.
- Monitoreo de los consumos de energía en la planta de producción.

4.7.1 Revisión energética

Industria Metálica Cotopaxi ha realizado una revisión energética en la planta de producción permitiendo comprender, analizar los usos y consumos energéticos, así como el desempeño energético y las variables que afectan con el fin de brindar soluciones para conocer cómo se puede mejorar:

La revisión energética se realizó mediante el levantamiento de información de:

- Diagramas de flujo de carga
- Datos de consumos de consumos energéticos en la planta de producción.
- Inventario de los principales equipos consumidores de energía.
- Registros de medición y monitoreo en la planta de producción.

Para el análisis de la información se lo procedió de la siguiente manera:

- Agrupando los equipos y procesos de manera lógica (por áreas, subáreas, etc.)

- Obteniendo datos de las características y operación de los equipos, a través de sus placas, horas de funcionamiento, factor de carga, etc.
- Mediciones directas del consumo de algunos equipos.
- Uso de software para modelar el SEP de la planta.

Permitiendo identificar

- Los usos y consumos energéticos
- Identificación de los usos significativos de energía.
- Identificación de los índices de energéticos.
- Identificación, priorización y registro de las oportunidades de mejora en el desempeño energético.

4.7.2 Indicadores de desempeño energético

Industria Metálica Cotopaxi ha establecido indicadores de desempeño energético (IDEn) para el monitoreo y medición del desempeño energético, ver tabla 40.

Tabla 40

Indicadores de Desempeño Energético de IMC

Consumo de energía por producto realizado		
Equipo	Unidades	W-h
PR-TR1	1	14.38
PR-TR2	1	12,43
PR-TR3	1	17,25
PR-TR4	1	112,81
PR-TR7	1	1,448
PR-PH1	1	56,896
PR-PH2	1	95.86
PR-PH3	1	29,034
PR-PH6	1	74,92
PR-PH7	1	19,04
PR-PH8	1	19,04
PR-PH10	1	28,118

4.7.3 Objetivos y planes de acción de gestión de energía

Industria Metálica Cotopaxi en función a los resultados obtenidos en el diagnóstico energético ha establecido objetivos y planes de acción con el fin de mejorar el uso y consumo de energía, en la tabla 41 se detallan los objetivos y metas establecidas por Industria Metálica Cotopaxi.

Tabla 41

Objetivos, metas establecidas por IMC

Objetivo	Meta	Responsable	Plazo
Fomentar y concientizar sobre una buena cultura de consumo energético con la norma ISO 50001.	Capacitar al personal de IMC y reducir las energías no asociadas a la producción en un 60%.	Talento humano	1 año
Capacitaciones al grupo responsable del SGE.	Capacitar a todos los miembros responsables del SGE.	Talento humano	6 meses
Control operacional en la planta de producción.	Garantizar el óptimo funcionamiento de las máquinas y disponibilidad del 100%.	Área de mantenimiento	1 año
Rediseño del sistema eléctrico de IMC	Mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico de IMC y reducir el consumo de energía en un 5 % al registrado en el 2014.	Ing. Eléctrico	1 año
Disminuir el consumo de energía en la sección prensas.	Sustitución de motores por equipos más eficientes	Ing. Eléctrico	4 meses
Reducir la distorsión armónica	Diseño de filtros para mitigar las pérdidas por efecto joule.	Ing. Eléctrico	2 mes

Los objetivos y metas deben ser cumplidos bajo un responsable y en tiempos definidos con la finalidad de dar seguimiento y verificar los resultados, en lapsos de tiempos estos serán evaluados y si es necesario serán reestructurado con la finalidad de gestionar el uso y consumo de energía eléctrica de forma eficiente.

4.8 Implementación

La Dirección General de Industria Metálica Cotopaxi para la implementación del Sistema de Gestión de Energía deberá cumplir con las siguientes indicaciones como se muestra en la tabla 42.

Tabla 42

Etapas de implementación del SGE

ETAPAS	PLAN DE ACCIÓN	PROCEDIMIENTOS
1	Decisión estratégica	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso de las autoridades de Industria Metálica Cotopaxi • Características del SGE con la norma ISO 50001. • Organización de la estructura técnica que llevara a cabo el SGE
2	Implementación del Sistema de Gestión de Energía.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnostico energético en la planta de producción. • Planes para el uso eficiente de energía. • Capacitaciones de las buenas prácticas del uso de energía. • Capacitaciones al personal operativo de Industria Metálica Cotopaxi. • Auditorías Internas.
3	Cumplimiento del Sistema de Gestión de Energía en la planta de producción.	<ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento, control y evaluación de las buenas prácticas de operación. • Implementación de planes de mejora • Verificación del sistema de gestión de energía. • Verificación y acciones de control de los resultados obtenidos.

4.8.1 Competencia, formación y toma de conciencia

Industria Metálica Cotopaxi para la competencia, formación y toma de conciencia ha establecidos dos planes de mejorar. En la tabla 43 se indica el plan 1 que consiste en capacitar a todos los miembros responsables del

SGE, asegurándose que cualquier persona que realice tareas para ella o en su nombre, sean conscientes de la importancia de la mejora del desempeño energético, así como se empoderen del rol que cumplen dentro del sistema de gestión.

Tabla 43

Capacitaciones al grupo responsable del SGE.

Capacitaciones al grupo responsable del SGE.	
Plan1	
Objetivo: Capacitar a todos los miembros responsables del SGE.	
Actividades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboración del contenido. 2. Cursos en periodos trimestrales. 3. Inscripción obligatoria del grupo de trabajo. 4. Inicio de curso 5. Seguimiento y evaluación para las mejoras continuas
Indicador	Número de cursos
Área responsable	Unidad de talento humano

Cuando se planea ahorrar energía eléctrica es recomendable apagar las máquinas que no se encuentran en funcionamiento así reduciendo el consumo de energía promoviendo la buena cultura de apagar los equipos que no está en funcionamiento. En la tabla 44 se muestra el plan 2 que consiste en campañas para fomentar y concientizar sobre una buena cultura de consumo energético con la norma ISO 50001.

Tabla 44

Campañas de concientización sobre el uso y consumo de energía con la norma ISO 50001

Plan 2	
Campañas de concientización sobre el uso y consumo de energía con la norma ISO 50001	
Objetivo: Capacitar al personal de IMC y reducir las energías no asociadas a la producción en un 60%.	
Actividades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitaciones mediante charlas, carteles, poster, etc. 2. Apagar las máquinas y luminarias en horas no laborales. 3. Optimizar el sistema de iluminación con lámparas más eficientes. 4. Gestionar un buen control operacional en todas las máquinas de la planta de producción. 5. Pintar el piso de color blanco permitiendo optimizar el nivel de iluminación. 6. Verificar que al finalizar el periodo laboral las maquinas se encuentren des energizadas. 7. Seguimiento y evaluación para las mejoras continuas
Indicador	kWh
Área responsable	Unidad de Producción

Con las buenas práctica y reduciendo tiempos en producción se disminuirá las pérdidas de energía que se muestra en la Tabla 38.

4.8.2 Comunicación

Industria Metálica Cotopaxi para fomentar las buenas prácticas energéticas desarrollara uno mecanismo de comunicación interna relativo a:

- Entregar información respecto al SGE a todas las áreas de la organización.
- Las reuniones entre departamentos y la Dirección.

- La circulación de actas de reuniones.
- Analizar un indicador del sistema de gestión de la calidad.
- Retroalimentación del SGE

4.8.3 Control operacional

Industria Metálica Cotopaxi para garantizar la alta eficiencia en el control operacional, ha de planificar aquellas actividades de operación y mantenimiento correspondientes a los objetivos, metas y planes de acción en fin de la mejora continua del desempeño energético, en la tabla 45 se muestra el plan 3 que consiste en el control operacional en la planta de producción..

Tabla 45

Control operacional en la planta de producción.

Control operacional en la planta de producción.	
Plan 3	
Objetivo: Mantener y garantizar el óptimo funcionamiento de las máquinas y disponibilidad del 100%.	
Actividades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluación del equipo 2. Diagnosticar el equipo 3. Identificar posibles fallas 4. Planes de mantenimiento correctivo y preventivo 5. Seguimiento y evaluación de las máquinas
Indicador	No. máquinas
Área responsable	Unidad de mantenimiento

Después de la evaluación los equipos se identificó que la sección prensa presentan desgastes lo que genera perdida de eficiencia y mayor consumo de energía, en pos de buscar mejores resultados se ha desarrollado el Plan 5 que consiste en la Sustitución de motores de baja eficiencia por equipos más eficientes

4.8.4 Diseño y contratación de los servicios de energía, productos, equipos y energía

Industria Metálica Cotopaxi en fin de garantizar el mejor desempeño energético y del control operacional desarrollara nuevos proyectos como la reestructuración o rediseño del sistema eléctrico de Industria Metálica Cotopaxi con la renovación de equipos como se indica en la tabla 46, 47 y 49 de tal forma que se reduzcan en consumo de energía y como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos.

Tabla 46

Rediseño del sistema eléctrico de IMC

Plan 4	Rediseño del sistema eléctrico de IMC
Objetivo: Mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico de IMC y reducir el consumo de energía en un 5 % con respecto al registrado en el 2014.	
Actividades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión del SEP actual y rediseño en función a las áreas de trabajo. 2. Analizar ofertas para el rediseño. 3. Contratación de servicios profesionales para el rediseño 4. Realizar la instalación y verificar resultados
Indicador	No. Áreas de trabajo
Responsable	Ing. Eléctrico

Para el rediseño se pretende el ingreso de bancos de capacitores, mejorar el cableado evitando empalmes y la asignación de tableros para que registren el consumo de energía eléctrica en cada área de producción.

a. Compensación del factor de potencia

En industria Metálica Cotopaxi se registró un $fp= 0,723$ en el transformador 1 y $fp=0,737$ en el transformador 2, ambos transformadores no cumplen con el factor de potencia permitido por la regulación del

CONELEC, por lo que es recomendable que se instale un banco de capacitores para mejorar el factor de potencia y alcanzar el 0.92.

Para determinar el valor del banco de capacitores se procede a calcular mediante el triángulo de potencias que aportara la kVAR necesarios para alcanzar un $fp= 0,92$ en el transformador de 150 kVA como se indica en la figura 41.

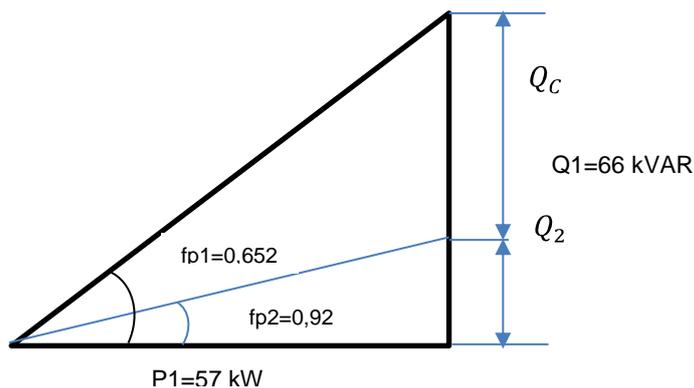


Figura 41 Triángulos de potencia en el transformador de 150 KVA

Los datos de potencia activa y reactiva que consume la industria Metálica Cotopaxi se obtuvieron de la simulación en el software Etap 12.6, como se requiere aumentar el factor de potencia a 0,92 o mayor, se realizan los siguientes cálculos.

$$fp_2 = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_2^2}}$$

Ec. 4

Donde:

fp_2 = Factor de potencia nuevo

P_1 = Potencia Activa

Q_2 = Potencia reactiva

$$0,92 = \frac{57}{\sqrt{57^2 + Q_2^2}}$$

$$Q_2 = 23,414 \text{ kVAR}$$

El valor de Q_2 representa el valor esperado de potencia reactiva después de ingresar un banco de capacitores, mediante la Ec. 4 calculamos el Q_C que representa la potencia del banco de capacitores.

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

Ec. 9

$$Q_C = 66kVAR - 23,414kVAR$$

$$Q_C = 43 kVAR = 45kVAR$$

Calculo para mejorar el factor de potencia en el transformador de 50 kVA, en la figura 42

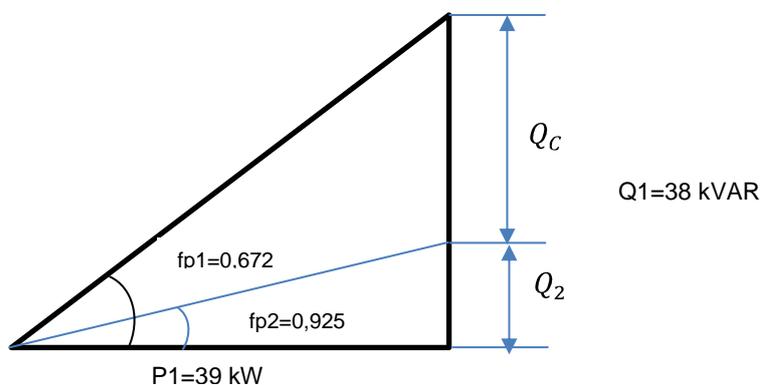


Figura 42 Triángulos de potencia en el transformador de 50 KVA

Los datos de potencia activa y reactiva que consume Industria Metálica Cotopaxi del transformador 2 se obtuvieron de la simulación en el software Etap 12.6, estos se muestran en el triángulo de potencias de la figura 4.2.

$$fp_2 = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_2^2}}$$

$$0,92 = \frac{39}{\sqrt{38^2 + Q_2^2}}$$

$$Q_2 = 17,73 \text{ kVAR}$$

Calculamos el Q_C que representa la potencia del banco de capacitores.

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

$$Q_C = 38kVAR - 18,26 \text{ kVAR}$$

$$Q_C = 19,73 \text{ kVAR}$$

$$Q_C = 20 \text{ kVAR}$$

Al implementar los bancos de capacitores no existirá penalizaciones por parte de la empresa eléctrica y cumplirá con el $fp=0,92$ requerido, también ayuda en la regulación de voltaje y reduce sobrecargas en los transformadores.

b. Tableros para cada sección de producción

Al asignar tableros individuales facilitará el registro y control de los consumos de energía eléctrica en cada área de producción, en la figura 43 se observa la propuesta del rediseño para el SEP de IMC.

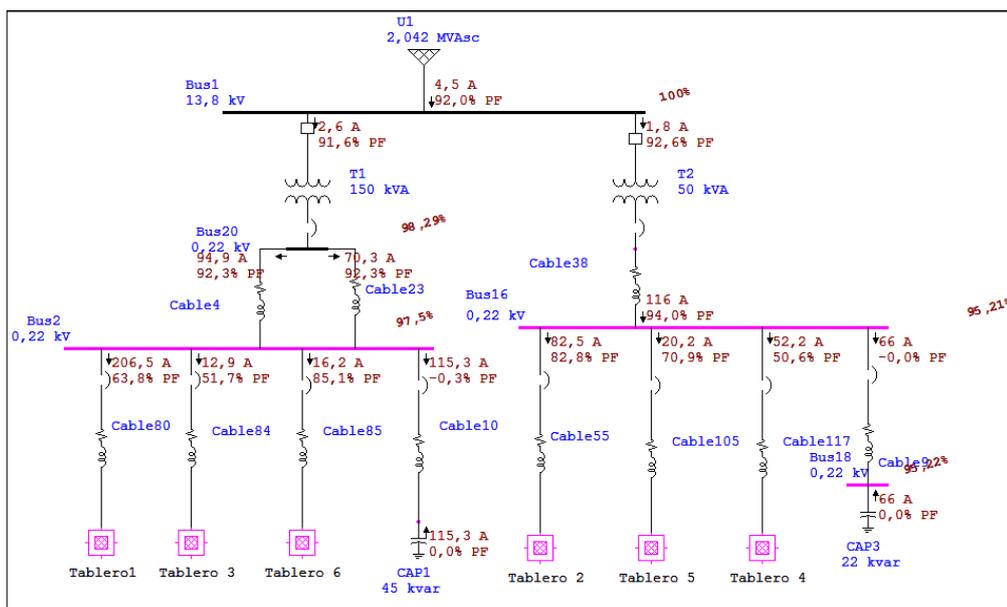


Figura 43 Rediseño del SEP de IMC

Los tableros deben ser seleccionados bajo los siguientes parámetros:

- Nivel de voltaje
- Corriente nominal I_n
- Y la corriente de cortocircuito I_{sc}

Para determinar la I_{sc} se lo realizo un estudio de corto circuito con la norma ANSI, en la tabla 47 se muestran los valores para seleccionar los Tableros de cada área de producción.

Tabla 47

Parámetros para los Tableros

	kV	$I_n(A)$	$I_{sc}(kA)$
Tablero 1	0,22	262,4	4,9
Tablero 3	0,22	80,1	4,1

CONTINÚA

Tablero 6	0,22	16,5	1,5
Tablero 2	0,22	93,5	2,4
Tablero 4	0,22	40,2	1,5
Tablero 5	0,22	90,6	1,2

Para Industria Metálica Cotopaxi los motores con una potencia nominal de 15 a 75 kW deben cumplir con el nivel de rendimiento IE3 o el nivel IE2 si está accionado por variador de frecuencia, en la tabla 48 se indica las categorías de motores según su eficiencia.

Tabla 48

Tabla de eficiencia de motores

IEC 60034-30	
Super-Premium efficiency	IE4
Premium efficiency	IE3
High efficiency	IE2
Standard efficiency	IE1

A partir de la tabla 49 se busca mejorar la eficiencia de los motores como se indica en el plan 5 que consiste en sustitución de motores de baja eficiencia por equipos más eficientes.

Tabla 49

Sustituir de motores de baja eficiencia por equipos más eficientes

Plan 5 Sustitución de motores de baja eficiencia por equipos más eficientes	
Objetivo: Disminuir el consumo de energía en la sección prensas.	
Actividades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar motores a cambiar. 2. Buscar proveedores. 3. Ver la mejor oferta 4. Adquirir equipos 5. Realizar la instalación y verificar resultados
Indicador	No. Equipos
Responsable	Área de mantenimiento

Uno de los parámetros que causantes de pérdidas de energía eléctrica es la distorsión armónica y mediante la implementación de filtros se

mitigaran dichas pérdidas de energía, en la tabla 50 se muestra el plan 6 que consiste en reducir la distorsión armónica en la planta de producción.

Tabla 50

Reducir la distorsión armónica

Plan 6 Reducir la distorsión armónica	
Objetivo: Diseñar filtros para mitigar las pérdidas por efecto joule.	
Actividades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar motores a cambiar. 2. Buscar proveedores. 3. Ver la mejor oferta 4. Adquirir equipos 5. Realizar la instalación y verificar resultados
Indicador	No. Equipos
Responsable	Área de mantenimiento

Para una mejor eficiencia en el diseño de filtros, se recomienda aplicar el rediseño del SEP de IMC con el fin de atacar a las máquinas que generen los armónicos.

4.9 Evaluación económica de la propuesta

Al implementar planes de mejorar se pretende implementar un sistema de gestión energética con la norma ISO 50001 permitiendo el uso y consumo de energía eléctrica de manera eficiente como también facilitar el registro de energía por cada área de producción, en la tabla 51 se muestra los costos de planes a implementarse.

Tabla 51

Rubros por planes de mejora

Plan 1 y 2			
Capacitaciones	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Al grupo del SGE y trabajadores de IMC	2	1000,00	2000,00
Plan 3 y 4			
Equipos	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Banco de Capacitores 45kVAR	1	634,00	634,00
Banco de Capacitores 20kVAR	1	525,00	525,00
Medidor Easy Logic DM6200	3	430,00	1.290,00
Tableros	2	300,00	600,00
Cable THWN 2/0	50 metros	9,60	480,00

La inversión para los planes 1, 2, 3 y 4 representa un precio igual a \$ 9.569,00 si se conoce que las pérdidas de energía anuales representa un costo de \$1.037,97 al mismo tiempo después de implementar estos planes se convertirá en un ahorro, por lo tanto para calcular el tiempo de recuperación de la inversión se aplica la siguiente expresión:

$$TRI = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}}$$

$$TRI = \frac{5.529,00}{1.461,96} = 3,782 \text{ Años}$$

Después de 3,782 años se habrá recuperado inversión y esto se convertirá en ingresos para la empresa.

Para el plan 5 se calcula el ahorro anual usando la ecuación 10 usando los datos de placa de los motores existentes y nuevos, en la tabla 52 se detallan dichas características.

$$A_A = 0,746 * hp_{nom} * R * TR * \frac{1}{E_1} - \frac{1}{E_2}$$

Ec. 10

Donde:

A_A = Ahorro anual.

hp_{nom} = Potencia del motor.

R = Tarifa de la compañía suministradora.

TR = Tiempo de operación de trabajo al año (hr/año).

E_1 = Eficiencia del motor estándar.

E_2 = Eficiencia del motor de alta eficiencia.

Las maquinas operan durante 8 horas/diarias lo que representa 2304 horas/año siendo este el valor del tiempo de operación de trabajo al año, también se conoce que la tarifa de la compañía suministradora de energía en este caso ELEPCO S.A es de 0,068 USD / KW-h.

Tabla 52

Lista de motores de alta eficiencia

	Datos de placa motores estándar			Datos de placa motores de alta eficiencia		
	P1 (HP)	E1	Precio	P2(HP)	E2	Precio
PR-PH2	60	93,7	9.060,00	60	95,4	13.112,00
PR-PH8	40	90	6.358,00	40	94,1	8.624,00
PR-PH1	30	87,8	4.430,00	30	93,6	6.476,00
H-COF	25	91,7	3.330,00	25	93,6	5.426,00
PR-TR1	25	91,7	3.330,00	25	93,6	5.426,00
PR-PH5	20	87,3	3.101,00	20	93	5.037,00
PR-PH10	20	87,3	3.101,00	20	93	5.037,00

A continuación se muestra los cálculos del ahorro anual para la prensa hidráulica PR-PH2, reemplazamos los datos de la tabla 52 en la ecuación 11.

$$A_A = 0,746 * hp_{nom} * R * TR * \frac{1}{E_1} - \frac{1}{E_2}$$

$$A_A = 0,746 * 60 * 2304 * 0,068 * \frac{1}{0,937} - \frac{1}{0,954}$$

$$A_A = \$1.353.26$$

El tiempo de recuperación de la inversión inicial es igual al costo sobre ahorro anual.

$$TRI = \frac{4.052,00}{1.353,26} = 2,99 \text{ Años}$$

El tiempo de recuperación por la implementación de un motor de alta eficiencia en la PH2 es de 3 años, después de este periodo representara ganancias para la empresa. En la tabla 53 se muestra el tiempo de recuperación de la inversión para todas las máquinas donde se pretende implementar motores de alta eficiencia.

Tabla 53

Ahorro y tiempo de recuperación por implementar motores IE3

	Ahorro anual (\$)	Tiempo de operación (horas)	Diferencia de precios (\$)	Tiempo de recuperación (Años)
PR-PH2	1353,26	2304	4.052,00	2,99
PR-PH8	2296,58	2304	2.266,00	0,98
PR-PH1	2511,01	2304	2.046,00	0,8
H-COF	656,32	2304	2.096,00	3,19
PR-TR1	656,32	2304	2.096,00	3,19
PR-PH5	1665,24	2304	1.936,00	1,16
PR-PH10	1665,24	2304	1.936,00	1,16

El tiempo de recuperación no supera los 4 años siendo favorable para su implementación, también al reemplazar los motores por unos de alta eficiencia se reducirá pérdidas de energía como también se mejorara el factor de potencia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Mediante el desarrollo del diagnóstico energético se tuvo conocimiento de la situación energética de la planta de producción y mediante el diagrama de Pareto se identificó el área con mayor consumo de energía en este caso la sección prensas.
- Gracias a la evaluación de equipos se identificó que el control operacional se debe enfocar en la sección prensas con el fin de garantizar un mantenimiento correcto en intervalos de tiempos definidos y así evitar altos consumos de energía por un mal estado de las máquinas.
- En el transcurso de 5:30 pm a 7:30 am por fallas en el sistema eléctrico existen desperdicios de energía, en una semana de mediciones se registró 87,66 kW-h equivalente a \$ 5,25 semanales y \$252 anuales en el transformador 1 y 46,44 kW-h equivalente a \$ 3,065 semanales y \$150 anuales en el transformador 2, al año se registra una pérdida de \$ 402 por fallas en el sistema eléctrico.
- Industria Metálica Cotopaxi no cumple con el factor de potencia de 0,92 regulado por el ARCONEL, siendo necesario implementar un banco de capacitores en cada transformador, evitando así penalizaciones en el momento de cancelar la planilla eléctrica.
- Los Usuarios Significativos de Energía (USEn) identificados en el diagnóstico energético hacen referencia a dar mejoras entre ellas sustituir sus motores estándar por motores de alta eficiencia de esta forma se mejora la eficiencia en la sección prensas.
- Al implementar el plan1 y 2 se generara un ahorro de 73,6088 kW-h por día representando \$ 4,4 diarios y \$ 88,33 mensuales la tarifa promedio a pagar es de \$750 mensuales, mediante las campañas de concientización se reduciría a \$ 661.67, generando en un año de trabajo un ahorro de \$1059,96.

- Al implementar el plan 3, 4 y 5 se garantiza una alta eficiencia en el control operacional y eficiencia del sistema eléctrico, permitiendo registrar consumo de energía en cada sección de producción con el fin de examinar las variables que afectan en la permitiendo identificar oportunidades de mejora en el uso y consumo de energía en la planta de producción.
- El costo de la implementación para los planes 1,2,3 y 4 es de \$ 9.569,00 , después del análisis financiero se determina que dicha inversión se recupera en 3,7 años, para la implementación del plan 5 es necesaria una inversión de \$49.408,00 esta valor se recupera en menos de 4 años aproximadamente.
- El uso de la norma Internacional La ISO 50001 mejora la imagen de la empresa permitiendo ser más competitiva en relación a la demás empresas.
- Las empresas que usan las ISO 50001 reducen costos en energía eléctrica, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y mejora la seguridad en el suministro eléctrico.

5.2 Recomendaciones

- Al realizar los diagnósticos energéticos la empresa debe contratar el servicio de personal capacitado y de esta manera se garantiza la evaluación de la planta de producción para generar oportunidades de desarrollo en el uso y consumo de energía.
- Al personal de todas las secciones de Industria Metálica Cotopaxi dar a conocer sobre las oportunidades de ahorro de energía con la finalidad que el plan 1 y 2 sean eficientes.
- Implementar el plan 4 se garantiza llevar un registro adecuado del uso y consumo de energía de cada área de producción, en la actualidad todas las secciones de producción se encuentran combinadas complicando el registro del consumo de energía por áreas.
- Al implementar el plan 5 se recomienda generar un control operacional que garantice planes de mantenimientos obteniendo así

una larga vida útil de los equipos a ser instalados de esta manera se evidenciara cambios en la eficiencia energética de la sección prensas.

BIBLIOGRAFÍA

- AChEE, L. M. (2013). Guía de implementación ISO 50001. Chile: AChEE.
- Fukui, R., Honda, Y., Inoue, H., Miyauchi, I., & Yagi, Y. (2003). Administración de la calidad total. Buenos Aires: Gigler.
- Ikeda Kiyohiro, P. L. (2010). 7 herramientas para el control de la calidad. Chile: Universidad de Santiago de Chile.
- INER, & EGRANCONEL. (2005). Optimizar la eficiencia energética en la industria del Ecuador año 2005-2006. Guayaquil.
- ISO50001. (1 de 07 de 2011). Sistemas de gestión de energía y guía de requerimientos para el uso. New Delhi.
- ISO9001. (2008). Sistemas de gestión de la calidad. Suiza.
- Molina, P. (2014). LEVANTAMIENTO, REDISEÑO Y AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA LA FACTIBILIDAD DE IMPLANTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 EN EL SECTOR DE TERMOPLÁSTICOS DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A. Latacunga: ESPEL.
- Moubray, J. (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad. Carolina del Norte: Renovetec.
- Ruiz, A., & Falcón, R. (2009). Herramientas de calidad. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.

LINKOGRAFÍA

A.E. Legarreta, A. G. (01 de 02 de 2009). ECAMEEC. Recuperado el 23 de 06 de 2015, de <http://www.ecameec.com/newsletter/bajarnotad0209.pd>

ARCONEL. (1 de 08 de 2015). Resolución 004/01. Recuperado el 25 de 06 de 2015, de ARCONEL: <http://www.conelec.gob.ec/>

CRE. (08 de 10 de 2013). Manual de eficiencia energética. Recuperado el 10 de 11 de 2015, de CRE: <https://www.cre.com.bo/WebCre/hogar/pdf/MANUAL%20DE%20EFICIENCIA%20ENERGETICA.PDF>

ETAP. (12 de 07 de 2015). ETAP Powering Succe. Recuperado el 14 de 06 de 2015, de <http://etap.com/electrical-power-system-software/etap-products.htm>

FLUKE1735. (18 de 07 de 2015). FLUKE 1735. Recuperado el 10 de 07 de 2015, de <http://www.fluke.com/fluke/eses/medidores-de-calidad-de-la-energia-electrica/registradores-de-calidad-electrica/fluke-1735.htm?pid=56028>

CEROAVERIAS. (07 de 06 de 2015). CEROAVERIAS. Recuperado el 05 de 05 de 2015, de <http://www.ceroaverias.com/>

Lubema, J. (20 de 10 de 2015). ARCUMA. Recuperado el 15 de 08 de 2015, de <http://cannazone.arcuma.com/luxometro-hs1010-p1049.html>

Maps, G. (12 de 05 de 2015). Google Maps. Recuperado el 28 de 11 de 2015, de <https://www.google.com.ec/maps/place/IMC/@-0.9008111,-78.6190679,17z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x91d46063f4911737:0xea757d65c454eee3>

MEER. (17 de 06 de 2015). EFICIENCIA ENERGÉTICA SECTOR INDUSTRIAL. Recuperado el 23 de 11 de 2015, de <http://www.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-industrial/>

OKONITE. (15 de 10 de 2010). HANDBOOK. Recuperado el 2 de 10 de 2015, de <http://www.okonite.com/engineering/voltage-regulation.html>

OSROM. (19 de 09 de 2015). OSRAM. Recuperado el 18 de 10 de 2015, de http://www.osram.com/osram_com/products/lamps/high-intensity-discharge-lamps/metal-halide-lamps-with-quartz-technology/powerstar-hqi-t/index.jsp

TRUPER-MUT-202. (12 de 10 de 2012). TRUPER S.A. Recuperado el 28 de 08 de 2015, de <https://www.truper.com/pdf/manuales/10404.pdf>

IEES. (23 de 10 de 2015). Decreto ejecutivo 2393 reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. Recuperado el 26 de 10 de 2015, de <http://www.utm.edu.ec/unidadriesgos/documentos/decreto2393.pdf>

ANEXOS

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA****CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMEQUÍNICA****CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Alex Danilo Panchi Guamangallo.

En la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de diciembre del 2015.

Ing. Katya Torres
DIRECTORA

Ing. Freddy Salazar
DOCENTE DESIGNADO
POR EL DEPARTAMENTO

Ing. Katya Torres
DIRECTORA DE LA CARRERA

Dr. Rodrigo Vaca
SECRETARIO ACADÉMICO