

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

**PROPUESTA TÉCNICA PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ELÉCTRICA DE LAS
INSTALACIONES DE LA FLORÍCOLA “BELLA ROSA”**

Trabajo de grado presentado ante la Ilustre Universidad Técnica del Norte previo a la
obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico

Autor:

Gabriel Iván Chandi Pozo

Director:

MSc. Olger Gilberto Arellano Bastidas

Ibarra - Ecuador
Octubre 202



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100447998-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chandi Pozo Gabriel Iván		
DIRECCIÓN:	El Olivo, Ibarra		
EMAIL:	gichandip@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0968015782

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ELÉCTRICA DE LAS INSTALACIONES DE LA FLORÍCOLA "BELLA ROSA"
AUTOR (ES):	Chandi Pozo Gabriel Iván
FECHA: DD/MM/AAAA	22/10/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Olger Gilberto Arellano Bastidas MSc.

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de octubre de 2021

EL AUTOR:



.....
Gabriel Iván Chandi Pozo

100447998-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

MSc. Olger Arellano.

CERTIFICACIÓN

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Chandi Pozo Gabriel Iván, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **“PROPUESTA TÉCNICA PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ELÉCTRICA DE LAS INSTALACIONES DE LA FLORÍCOLA BELLA ROSA”**. Para la obtención de título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.



Firmado electrónicamente por:
**OLGER GILBERTO
ARELLANO
BASTIDAS**

.....
MSc. Olger Arellano
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se lo dedico a mis padres Adela y Vinicio quienes siempre me han inculcado buenos valores y apoyado incondicionalmente. A mi hermano Paúl por su bondad, confiar en mí y haberme fomentado el deseo de superación con su ejemplo. A mi abuelito José por su solidaridad y sabios consejos. A mis abuelitas Nestorina y Rosa, que en paz descansen, por sus bendiciones y buenas enseñanzas. Queridas abuelitas, este triunfo también es suyo. Y también a mis tías, primos y demás familiares que creyeron en mí.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica del Norte, por brindarme una educación de calidad a través de sus excelentes docentes y también por ponerme retos en esta etapa de mi vida que han servido para hacer de mí una mejor persona. A mi familia, en especial a mis padres y hermanos por ser los pilares de mi vida y mi apoyo moral. Agradezco también, a mi director de trabajo de grado el Ing. MSc. Olger Arellano quién siempre mostró disponibilidad a cualquier inquietud que se me presentó en el desarrollo del presente trabajo e intervino en los momentos más difíciles del mismo. Al Ing. David Ramírez por la apertura a las instalaciones de la empresa Bella Rosa para la realización del proyecto. Agradezco a mis amigos y compañeros por compartir sus conocimientos en el transcurso de la carrera. A todas las personas que confiaron en mí, y acompañado a lo largo de toda mi vida. Muchas gracias.

Tabla de Contenido

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	i
CONSTANCIA.....	ii
ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
Introducción.....	xiii
Contextualización.....	xiii
Planteamiento del problema.....	xv
Objetivo general.....	xv
Objetivos específicos.....	xv
Justificación.....	xv
CAPÍTULO 1.....	1
1.1. Eficiencia y la auditoría energética.....	1
1.1.1. Eficiencia energética.....	1
1.2. Auditoría energética.....	2
1.3. Eficiencia energética eléctrica (e3).....	2
1.3.1. Estudio de eficiencia eléctrica en el sector industrial.....	4
1.3.2. Beneficios de llevar una gestión energética en la empresa.....	5
1.4. La auditoría eléctrica.....	5
1.4.1. Objetivos de una auditoría eléctrica.....	6
1.4.2. Importancia de la auditoría eléctrica en el sector industrial.....	6
1.5. La auditoría eléctrica como una herramienta para lograr la eficiencia eléctrica.....	7
1.5.1. Aspectos para lograr que una instalación eléctrica sea eficiente.....	8
1.5.2. Cuestiones básicas sobre la eficiencia energética eléctrica.....	9
1.5.3. Acciones básicas para alcanzar la eficiencia eléctrica.....	9
1.6. Proyecto general de eficiencia energética eléctrica.....	11
1.6.1. Instalaciones sin sistema de medida y supervisión.....	12
1.6.2. Instalaciones con sistema de medida y supervisión.....	12
1.6.3. Viabilidad económica de las posibles propuestas de mejora.....	14
1.6.4. Análisis de los históricos del consumo eléctrico en una empresa.....	14
1.7. Ejemplos de auditorías eléctricas.....	15
1.7.1. Caso de estudio 1.....	15

1.7.2.	Caso de estudio 2	16
2.1.	Introducción.....	19
2.2.	Información general de Bella Rosa	19
2.3.	Características de la florícola Bella Rosa	20
2.3.1.	Suministro de energía eléctrica de la empresa.....	21
2.4.	Etapas para realizar el diagnóstico del estado actual de las instalaciones	22
2.4.1.	Información preliminar	23
2.4.2.	Análisis de los registros históricos del consumo eléctrico en la empresa	23
2.4.2.1.	Tarifas eléctricas que se aplican en la florícola Bella Rosa.....	23
2.4.2.2.	Representación gráfica del consumo eléctrico de los suministros.....	24
2.4.2.3.	Representación gráfica del factor de potencia FP en los suministros	25
2.4.3.	Toma de mediciones eléctricas	26
2.4.3.1.	Análisis de las mediciones.....	26
2.4.4.	Diagnóstico del estado actual de las instalaciones	31
2.4.4.1.	<i>Levantamiento de datos de las cargas conectadas a los suministros</i>	31
2.4.4.2.	Levantamiento de datos de los equipos eléctricos y electrónicos conectados al suministro 183439-8	33
2.4.4.3.	Características de los tableros de distribución y control del suministro 183439-8 34	
CAPÍTULO 3		39
3.1.	Introducción.....	39
3.2.	Desbalance de carga	39
3.3.	Conductores y protecciones	40
3.4.	Sistema de puesta a tierra.....	41
3.5.	Compensación de reactivos.....	43
3.6.	Viabilidad económica	44
Conclusiones		46
Recomendaciones		47
Referencias		48
Anexos		51

Índice de Figuras

Fig. 1.1 Coste total del suministro de energía eléctrica	3
Fig. 1.2 Energía facturada a Nivel Nacional (Marzo, 2021).....	7
Fig. 1.3 Puntos básicos para que una instalación eléctrica sea eficiente	8
Fig. 1.4. Fases de optimización del consumo de energía eléctrica.....	10
Fig. 1.5. Esquema general de un proyecto de eficiencia energética eléctrica	13
Fig. 1.6. Consumo energético mensual del edificio B.....	15
Fig. 1.7. Distribución del consumo de la energía del edificio B.....	16
Fig. 1.8. Consumo de un local comercial.	17
Fig. 2.1. Logotipo de Bella Rosa.....	19
Fig. 2.2. Vista satelital del área territorial de Bella Rosa	19
Fig. 2.3. Estructura alámbrica 2D de la zona 1 de Bella Rosa.....	20
Fig. 2.4. Transformadores de Bella Rosa & Rose Connection	22
Fig. 2.5. Diagrama de bloques del diagnóstico del estado de las instalaciones.....	22
Fig. 2.6. Gráfico del comportamiento del valor facturado de cada suministro en el año 2019	24
Fig. 2.7. Comportamiento del factor de potencia en los años 2019 y 2020	25
Fig. 2.11. Adquisición de datos de las mediciones eléctricas del suministro 228033-7.....	26
Fig. 2.14. Voltaje RMS del transformador 16095 ABC 125kVA	27
Fig. 2.15. Eventos e interrupciones de voltaje del transformador 16095 ABC 125kVA	28
Fig. 2.16. Corrientes RMS de los transformadore 16095 ABC y 16098 ABC	29
Fig. 2.19. Factor de potencia por fases del transformador 16098 ABC.....	30
Fig. 2.20 Potencia aparente promedio total aparente del transformador 16095 ABC	31
Fig. 2.10 Carga instalada en porcentaje del suministro 183439-8.	33
Fig. 2.11 Consumo de energía eléctrica en fuerza, iluminación y por dispositivos electrónicos.	33
Fig. 2.12. Placa de bomba centrífuga Saer del reservorio de la Zona 1 alta.	34
Fig. 2.13. Subtablero de distribución del área del reservorio y oficinas.....	35
Fig. 2.16. Tablero de control, grupo 1 de unidades condensadoras	37
Fig. 2.8 Diagrama unifilar de las instalaciones del suministro 183439-8.....	38
Fig. 2.9. Sistema de puesta para los equipos de unidades condensadoras y poscosecha de Bella Rosa	38

Índice de Cuadros

Tabla 2.1	20
Instalaciones de la florícola Bella Rosa.....	20
Tabla 2.2	21
Transformadores de la empresa Bella Rosa	21
Tabla 2.2	24
Tarifas eléctricas de la empresa Bella Rosa	24
Tabla 2.3	26
Niveles de voltaje para el transformador 16095 ABC, suministro 183439-8.....	26
Tabla 2.4	28
Valores de THDv de los 4 transformadores de estudio	28
Tabla 2.5	28
Corrientes máximas RMS en los transformadores de la florícola	28
Tabla 2.6	29
Factor de potencia total en las instalaciones de la empresa.....	29
Tabla 2.3	32
Cargas conectadas al suministro 183439-8 Zona 1 alta – Bella Rosa.....	32
Tabla 2.4	33
Datos técnicos de los equipos eléctricos y electrónicos.....	33
Tabla 2.4	34
Conductores y protecciones de los tableros de distribución del suministro 183439-8 – Bella Rosa...	34
Tabla 2.5	35
Características principales de los tableros de control de los cuartos fríos del suministro 183439-8 ..	35
Tabla 2.6	37
Características de los subtableros de distribución del suministro 183439-8	37
Tabla 3.1	39
Resumen de balanceo de cargas de poscosecha de Rose Connection.....	39
Tabla 3.2	40
Protecciones y calibres de conductores recomendados para los tableros generales de distribución.	40
Tabla 3.3	40
Protecciones y calibre de conductor recomendados para los subtableros 2 y 5 de la Zona 1 alta de Bella Rosa.....	40
Tabla 3.4	42
Conductor de puesta a tierra en acometidas, alimentadores	42
Tabla 3.5	43

Valores de resistencia del suelo calculada.....	43
Tabla 3.6	43
Datos necesarios para realizar la compensación de reactivos	43
Tabla 3.7	44
Resumen de los valores Q_c	44
Tabla 3.8	44
Materiales y precios para la instalación del centro de carga.....	44

Resumen

La industria florícola “Bella Rosa” se encuentra ubicada en la vía Tabacundo – Cajas km 3.2 y cuenta con un área de 55 hectáreas, esta empresa dispone de equipos eléctricos y electromecánicos para el desarrollo de sus actividades como son, bombas hidráulicas, variadores de frecuencia, transformadores y circuitos de iluminación, mencionados equipos tienen una alta demanda de la energía eléctrica consumida mensual de la industria, en especial las bombas electromecánicas que tiene una potencial nominal elevada, estas requieren de una alta potencia reactiva que extraen de la red de distribución y esto conlleva a una disminución del factor de potencia que puede caer en penalizaciones. Además, la empresa no dispone de los planos eléctricos de los circuitos de fuerza e iluminación, por cuanto las instalaciones eléctricas se modifican en función de la necesidad de abastecer la producción florícola, de igual manera dificulta a la identificación y reparación de posibles fallas. La eficiencia eléctrica en la actualidad tiene una alta importancia debido a los beneficios que proporciona en las instalaciones eléctricas como es en el aspecto de seguridad y en el mejor aprovechamiento de la energía. El presente proyecto de investigación tiene como finalidad proponer soluciones técnicas a los problemas eléctricos que se presentan en las instalaciones de la florícola por medio de análisis de registros y toma de mediciones eléctricas. Se identificaron problemas de desbalance de carga y factores de potencia bajos en algunas de las instalaciones.

Palabras claves: equipos eléctricos, potencia, factor de potencia, eficiencia eléctrica, soluciones técnicas.

Abstract

The flower industry "Bella Rosa" is located on the road Tabacundo - Cajas km 3. This company has electrical and electromechanical equipment for the development of its activities, such as hydraulic pumps, frequency variators, transformers and lighting circuits, these machines have a high demand for the electrical energy consumed monthly by the industry, especially the electromechanical pumps that have a high nominal potential; they require a high reactive power that they draw from the distribution network and this leads to a decrease in the power factor, which can result in penalties. In addition, the company does not have the electrical plans of the power and lighting circuits, since the electrical installations are modified according to the need to supply flower production, which also makes it difficult to identify and repair possible faults. Electrical efficiency is currently of great importance due to the benefits it provides in electrical installations, such as safety and better use of energy. The purpose of this research project is to propose technical solutions to the electrical problems that occur in the facilities of the flower farm by analyzing records and taking electrical measurements. Problems of unbalanced loads and low power factors were identified in some of the facilities.

Keywords: electrical equipments, power, power factor, electrical efficiency, technical solutions.

Introducción

Contextualización

Aspectos ambientales, económicos y sociales como reducir la demanda de energía conlleva a una disminución de la presión sobre los recursos naturales. La correcta utilización de la energía reduce los costos asociados al consumo energético y al ser más eficientes y gastar menos dinero en el consumo de energía, aumenta la calidad de vida de las personas respectivamente (CEPAL, 2016). Estos aspectos han llevado que los líderes políticos del mundo implementen instrumentos regulatorios para hacer un uso más eficiente de la energía, tales como: instrumentos económicos de precio y cantidad, medidas de control, medidas destinadas a mejorar la información, la sensibilización y las posibilidades de los consumidores, y otros (CEPAL, 2016).

“El consumo desmesurado de energía eléctrica favorece al cambio climático y trae consecuencias irremediables para el medio ambiente. Consumir energía de manera responsable no solo nos permite ahorrar, sino también evitar la contaminación del planeta” (RPP, 2018)

En la actualidad, el correcto manejo y aprovechamiento de los recursos energéticos en instalaciones que presentan un moderado o elevado consumo eléctrico tiene gran importancia, porque no únicamente contribuye a que dichas instalaciones sean eléctricamente eficientes sino también a hacer frente al cambio climático, reduciendo las emisiones de gases dañinos para el medio ambiente como lo es el CO₂.

El impacto de los costos energéticos sobre los costos totales de producción depende del tipo de empresa, pero aún en aquellas donde la energía no representa una de las principales partidas, como una compañía florícola, es importante la administración eficiente de la energía (Estacio, 2005).

En general, un consumo energético racional permite a las empresas lograr una mayor calidad en su producción y mejorar la competitividad.

Hoy en día existen muchas empresas que se dedican a brindar servicios como transporte, comercialización de productos, explotación de recursos y producción de alimentos. Dichas empresas siempre buscan mejorar la calidad de su servicio, el detalle es que tienden a no considerar la calidad del consumo energético que necesitan para brindar dicho servicio (Figueroa, 2015).

Si bien, uno de los objetivos de una empresa es ofrecer un buen servicio que cumpla ciertos estándares de calidad, bajo ningún motivo se debe descuidar el manejo de los recursos energéticos necesarios para el correcto desarrollo de las actividades de producción de la empresa, de tal manera que, se pueda preservar la vida útil de las máquinas y por ende un ahorro en la inversión.

Existen estudios sobre eficiencia eléctrica ya sea en edificios o industrias, que hablan de la gran viabilidad de este tipo de investigaciones, los resultados obtenidos de la aplicación de una auditoría eléctrica para el mejoramiento de la eficiencia eléctrica en un determinado lugar son muy satisfactorios.

Figuroa (2015) afirma que, Considerando la corrección del factor de potencia de $fp=0.75$ a $fp=0.98$ mediante la instalación del banco de capacitores se obtiene un ahorro diario de aproximado del 20% en el consumo de energía eléctrica.

Elevar un bajo factor de potencia sobre el límite admisible por la regulación vigente es una de las actividades a tener en cuenta. Otra propuesta de mejora a implantarse es que se deberá automatizar el encendido y apagado de las lámparas en pasillos, escaleras y servicios higiénicos, a través de la instalación de sensores de movimiento (Figuroa, 2015).

En las instalaciones donde el mayor consumo energético es por el sistema de iluminación, como el hospital del IESS – Ibarra se recomienda la instalación de luminarias LED ya que permitirá reducir el consumo eléctrico global mensual significativamente (Arellano, 2015).

Según Arellano (2015), los beneficios económicos obtenidos después de aplicar la instalación de tecnología LED en las instalaciones del hospital son calculados en base al ahorro del pago de las planillas del servicio eléctrico y es de 1071,77 \$.

Como se cita en los párrafos anteriores, existen diferentes soluciones técnicas para cada necesidad, pero todas dirigidas al mejoramiento de la eficiencia eléctrica de las instalaciones.

Planteamiento del problema

La industria florícola “Bella Rosa” se encuentra ubicada en la vía Tabacundo – Cajas km 3.2 y cuenta con un área de 55 hectáreas, esta empresa dispone de equipos eléctricos y electromecánicos para el desarrollo de sus actividades como son, bombas hidráulicas, variadores de frecuencia, transformadores y circuitos de iluminación, mencionados equipos tienen una alta demanda de la energía eléctrica consumida mensual de la industria, en especial las bombas electromecánicas que tiene una potencial nominal elevada y son las encargadas del riego, las mismas que requieren de una alta potencia reactiva que extraen de la red de distribución y esto conlleva a una disminución del factor de potencia que puede caer en penalizaciones. Las instalaciones al no tener una adecuada sección en sus conductores provocan pérdidas por caídas de voltaje. Además, la empresa no dispone de los planos eléctricos de los circuitos de fuerza e iluminación, por cuanto las instalaciones eléctricas se modifican en función de la necesidad de abastecer la producción florícola, de igual manera dificulta a la identificación y reparación de posibles fallas.

Objetivo general

Elaborar una propuesta técnica para la mejora de la eficiencia eléctrica, mediante una auditoría eléctrica en las instalaciones de la industria florícola “Bella Rosa”.

Objetivos específicos

1. Analizar el modelo de una auditoría eléctrica en el sector industrial.
2. Realizar el diagnóstico del estado actual de las instalaciones eléctricas de la empresa.
3. Proponer soluciones técnicas para la mejora de la eficiencia eléctrica de la florícola.

Justificación

Según el Banco Central del Ecuador (2020), se proyecta para el presente año que el sector florícola represente el 0,70% del PIB, por lo que es una actividad agrícola muy importante. Dada la situación actual del país se ha determinado que el mejoramiento de la competitividad en el mercado exterior es una necesidad primordial para lograr una estabilidad económica, por otra parte, la eficiencia eléctrica es vista como una prioridad por los consumidores industriales.

En lo que respecta a eficiencia eléctrica, hay una ley que trata este concepto de manera conjunta con los otros tipos de energía, dicha ley establece en su artículo 16 que los consumidores de los sectores industrial, comercial, público, recreativo y turístico, están en el

deber de promover la implementación de acciones de la eficiencia energética, a través de la adquisición de nuevas tecnologías, políticas de concientización del uso racional de la energía y también la optimización de esta en los procesos productivos (Ley Orgánica de Eficiencia Energética, 2019).

Por lo tanto, es importante que la industria florícola en mención cumpla con esta ley, porque de esta manera la empresa logra un ahorro energético en sus procesos sin que afecte la calidad del producto. También existen parámetros que los usuarios finales deben cumplir con respecto al factor de potencia, un bajo factor de potencia en las instalaciones conlleva a penalizaciones como se indica en el “Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica. Periodo: enero – diciembre 2021” dispuesto por la ARC (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, en este caso de estudio los valores de factor de potencia que la industria debe tener en sus instalaciones se calculan mediante el tipo de tarifa que la misma tenga.

Además, es importante la realización de este trabajo de investigación porque al identificar áreas de oportunidad de ahorro energético eléctrico se podrá lograr un uso racional de la energía y a su vez contribuir con el medio ambiente.

CAPÍTULO 1

Auditoría eléctrica en el sector industrial

1.1. Eficiencia y la auditoría energética

1.1.1. Eficiencia energética

Sanz (2017) señala que la eficiencia energética es una: “Proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía.”

Es así que, para tener una idea más clara, se refiriere al término de eficiencia energética como un proceso en el cual se elabore algún tipo de producto con una determinada calidad utilizando cierta cantidad de energía, capaz que se logre fabricar el mismo producto con menos energía, o a su vez, más productos, pero con la misma cantidad de energía o recursos.

Por eficiencia energética se entienden todos aquellos cambios que conducen a una reducción de la energía utilizada para generar un servicio energético dado o un mejor servicio energético (calefacción, iluminación, etc.). Esta reducción en el consumo de energía se atribuye a mejoras tecnológicas, a una mejor organización y gestión de un sector dado o a una mayor eficiencia económica del mismo, por ejemplo, a través de incrementos de productividad. (Peláez & Espinoza , 2015, p. 212)

Por lo tanto, para lograr obtener una eficiencia energética, hay que recurrir a cambios en los procesos de producción por ejemplo en una planta, y que estos cambios no afecten al producto final.

La importancia de la eficiencia energética en el sector industrial

En las plantas industriales, la eficiencia energética viene a ser un factor muy importante y decisivo ya que esta fomenta un uso responsable de los recursos y además es amigable con el medio ambiente (CS, 2018).

Un punto importante en la actualidad que ha cobrado mucha fuerza dada la situación del planeta es como tratar de reducir la contaminación del medio ambiente producida por los procesos productivos en las plantas industriales. La mayoría de las plantas industriales ha optado por la implementación de un sistema de gestión energético. Aunque la industria en general no lo hace únicamente por este aspecto ambiental (no deja de ser menos importante)

sino con el objetivo de lograr una eficiencia energética que repercuta en el mejor aprovechamiento de los recursos y por ende aumente la productividad.

Existen normas especialmente creadas para cumplir con lo anteriormente mencionado, como es el caso de la norma:

- UNEN–EN ISO 50001:2011: constituye un documento de referencia para las organizaciones que desean implementar un Sistema de Gestión Energética (SGE) en sus instalaciones cuyo fin es la optimización de los recursos energéticos. En esta norma se establecen las pautas a seguir para garantizar la mejora continua del desempeño energético de la organización que opta por su implementación.

El SGE se basa en el ciclo de mejora continua PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) siendo compatibles con otras medidas de ahorro y eficiencia energética. (Sanz, 2017).

1.2. Auditoría energética

La auditoría energética es la clave de un enfoque sistemático para la toma de decisiones en el área de la gestión de la energía. Intenta equilibrar las entradas totales de energía con su uso y sirve para identificar todos los flujos de energía en una instalación. Cuantifica el uso de energía de acuerdo con sus funciones discretas. (Tandon, 2012)

De esta manera es que, una auditoria energética es la parte principal de un Sistema de Gestión Energética (SGE), como el que se menciona en el apartado 1.1.1, ya que brinda un procedimiento técnico y sistemático a seguir para que la empresa a la que se implemente el SGE sea eficiente en términos energéticos.

Además, en grandes plantas industriales como es en el caso de refinerías de petróleo, el vapor, combustible y electricidad son las principales fuentes de energía (Materán, 2018), por lo que, la auditoría energética realizada en estas plantas puede identificar y analizar los factores que en cierta medida afectan directa o indirectamente a la utilización de las diferentes formas de energía.

1.3. Eficiencia energética eléctrica (e3)

Circutor (2009): “Se entiende por eficiencia energética eléctrica, la reducción de las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industrias o cualquier proceso de transformación.”

La e3 va dirigido al aspecto técnico eléctrico en una planta industrial, edificio o proceso en cual se convierta energía para llevar a cabo una determinada actividad.

¿Cómo puede ayudar un estudio de eficiencia eléctrica a una empresa industrial?

- Ayuda a la sostenibilidad del sistema y medio ambiente mediante las reducciones de emisiones de CO2 al reducir la demanda de energía eléctrica.
- Además, si una industria tiene una instalación eléctrica eficiente se puede reducir sus costes técnicos de producción y sus costes económicos de explotación.

El ahorro siempre aparece cuando se consigue utilizar menos energía para satisfacer las demandas. Para conseguir esto es importante implantar un sistema más eficiente que el que se venía utilizando hasta ahora. (CS, 2018)

Para conseguir un uso racional de energía se deben determinar los factores que contribuyen al coste total del suministro de energía, dejando entrever cuales son los conceptos sobre los cuales habrá que actuar (Autonell, Balcells, & Barra, 2012).

Como se puede observar en la Fig. 1, los factores que repercuten en el coste total del suministro de la energía eléctrica son varios, entre ellos se destacan la energía reactiva en conjunto con la energía de distorsión (criterio de Von Mises), estas generan pérdidas y recargos que son económicamente considerables.

También, una baja calidad del suministro eléctrico provoca problemas de compatibilidad electromagnética, que es una característica de un equipo o sistema de no causar interferencias electromagnéticas a equipos, o que las perturbaciones de otros sistemas que estén en su entorno no puedan afectarle.

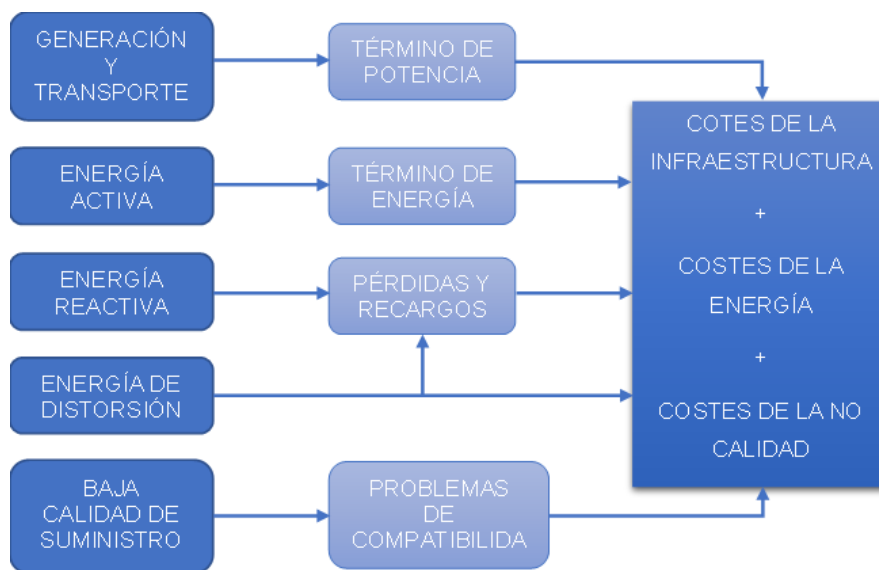


Fig. 1.1 Coste total del suministro de energía eléctrica. Fuente: Autonell 2012.

Por lo tanto, se puede determinar que es primordial contar con un equilibrio entre aspectos productivos, energéticos (suministros) y económicos (costes).

1.3.1. Estudio de eficiencia eléctrica en el sector industrial

¿Por qué es necesario un estudio de eficiencia eléctrica a una empresa industrial?

Porque la reducción de potencia aparente y energía demandada nos permite mejorar la gestión técnica las instalaciones aumentando su rendimiento y evitando paradas de proceso y averías. (Serra, 2009)

Los equipos eléctricos que demanda una gran cantidad de potencia en un proceso industrial son en los que se debe realizar un estudio técnico detallado sobre su rendimiento general y como se desempeñan en condiciones nominales de operación, porque los altos consumos de potencia por la actividad que realizan son una parte importante de los procesos industriales y que en caso de que alguno de ellos quedara de imprevisto fuera de servicio repercute negativamente en el desarrollo del proceso.

Vintimilla y Paladines (2012) dan a conocer algunas razones que llevan a implantar medidas de eficiencia energética en una empresa:

- Compromiso de la dirección de la empresa con la sostenibilidad.
- Búsqueda de ahorros de costos en la factura energética.
- Disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.
- Obtener ventajas competitivas.
- Búsqueda de la mejora de la imagen de la empresa frente a sus partes interesadas.
- Desarrollos legislativos.
- Demanda de los clientes.
- Presión institucional y de los grupos de interés, incluyendo la opinión pública.
- Acceso a subvenciones e incentivos en materia de ahorro de energía.

De las anteriores razones cabe mencionar que la sostenibilidad es de carácter ecológico, social y ambiental, porque dictamina que las necesidades del presente sean cumplidas, pero sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.

Otros aspectos a tener en consideración es que la búsqueda de reducir en el costo de la facturación energética es una realidad palpable. ¿Quién no quisiera llevar un consumo energético racional y que este se refleje en la factura eléctrica en modo de ahorro?, con respecto a antes de que se llevase a cabo el estudio de eficiencia energética y la

implementación de la misma. El consumo de la energía mundial está creciendo por lo que naturalmente el coste se ha incrementado, lo que es una situación crítica ya que las fuentes de energía más utilizadas son las no renovables.

Varias instituciones a nivel local y mundial intentan promover la generación y uso de energías limpias (amigables con el medio ambiente), para ello se han dispuesto leyes, estatutos y normas que rijan el cumplimiento de la utilización de energías renovables, por lo que las empresas industriales deben cumplir con estándares ambientales que se encuentran estipulados por los gobiernos al que pertenecen cada una ellas.

1.3.2. Beneficios de llevar una gestión energética en la empresa

- Ahorros de costes y mejora de la competitividad.
- Mayor cantidad de información en su empresa. - Planificación estratégica y oportunidad de mejora.
- Reducción de riesgos.
- Motivación para los empleados.
- Imagen (STEEEP, 2015).

De lo anterior se puede decir que, existen muchas razones suficientes para optar por implementación de un estudio de eficiencia energética eléctrica, para obtener resultados favorables en el campo en el que se aplique.

1.4. La auditoría eléctrica

Una Auditoría Eléctrica es un procedimiento sistemático que se basa en una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía eléctrica en un edificio, fábrica u otro local, se busca obtener un óptimo conocimiento del perfil de los consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico. (Vintimilla & Paladines , 2012).

Una auditoria eléctrica sigue una secuencia determinada para que esta sea bien aplicada, las normas para llevar a cabo una auditoría de tipo eléctrica pueden diferir del ingeniero, técnico o la persona capacitada, pero con el objetivo de identificar áreas de oportunidad para el ahorro energético eléctrico.

Una auditoría de consumo de energía como la auditoría eléctrica es esencial para estudiar, evaluar y monitorear nuestro consumo de energía e implementar mecanismos apropiados de ahorro de energía (Getu & Beza, 2016).

La utilización racional del servicio eléctrico en el sector industrial es un aspecto importante a tratar por las empresas, pues es necesario para que estas sean eficientes eléctricamente.

Por lo tanto, la auditoría eléctrica es el primer paso para monitorear y controlar el consumo de energía eléctrica, con los resultados obtenidos en una auditoría eléctrica en conjunto con los resultados de otras formas de energía es factible emprender un Sistema de Gestión Energética.

1.4.1. Objetivos de una auditoría eléctrica

El propósito de la auditoría de energía es identificar, cuantificar, describir y priorizar las medidas de ahorro de costes relacionadas con el uso de energía en la oficina, talleres y las instalaciones de la empresa. (Oyelaran, Twada, & Sanusi, 2016).

Es así que, para una auditoría eléctrica, el auditor que es la persona encargada de ejecutar este trabajo, busca cumplir con los siguientes objetivos:

- Obtener un conocimiento fiable de los consumos energéticos.
- Identificar dónde y cómo se consume la energía y los factores que afectan a su consumo.
- Optimizar el suministro de energía.
- Mejorar la contratación de la energía eléctrica.
- Identificar el coste de la energía eléctrica.
- Detectar y evaluar las oportunidades de ahorro y de mejora de la Eficiencia Energética.
- Eliminar las pérdidas energéticas.
- Maximizar la eficiencia de la instalación.
- Reducir las emisiones por unidad de producción.
- Evaluar las oportunidades de diversificación de la energía y su repercusión en coste energético.
- Analizar la posibilidad de utilizar energías renovables.

En resumen, un estudio de una auditoría energética debe estar dirigido a la identificación de las áreas donde se desperdicia energía, estimar el potencial de ahorro de energía en las instalaciones, sugerir medidas rentables que mejorarán la eficiencia del uso de la energía, estimando los costos y el período de recuperación de la inversión. (Oyelaran, Twada, & Sanusi, 2016).

1.4.2. Importancia de la auditoría eléctrica en el sector industrial

El consumo de energía final (energía refinada y apta para ser utilizada en todas las aplicaciones que demanda nuestra sociedad) en nuestro país se concentra en tres grandes sectores:

- Industrial
- Comercial
- Residencial

El porcentaje de consumo de energía final en cada uno de los sectores varía dependiendo del tipo de sociedad que la consume. (ARCERNNR, 2021)

Es así que se tiene:

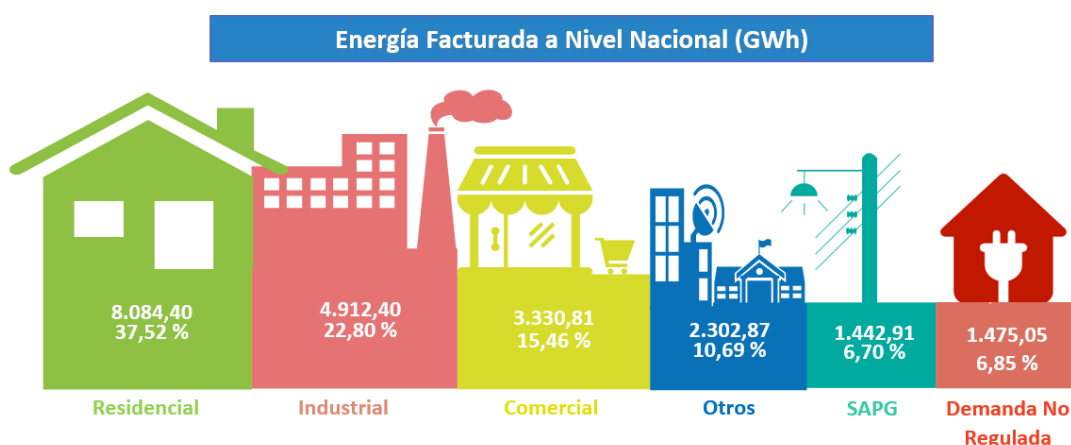


Fig. 1.2 Energía facturada a Nivel Nacional (marzo, 2021). Fuente: ARCERNNR.

En la Figura 1.2, se puede observar que en Ecuador el sector industrial se ubica en la segunda posición como uno de los sectores que más consumen energía, con un aproximado del 22,80%, esto quiere decir que 4.912,40 GWh de 21.548,44 GWh son demandados por los procesos industriales. El sector industrial en el país se incrementa exponencialmente debido a la idea adoptada por otras naciones latinoamericanas como Colombia y Perú que ya no solo consumen también producen y exportan.

El objetivo final de la auditoría eléctrica es motivar a las empresas a ahorrar la energía eléctrica, reducir los costos de producción y aumentar el beneficio económico.

Por lo tanto, la realización de una auditoría eléctrica en el sector industrial es importante ya que contribuye a conocer cómo se distribuye y consume la energía eléctrica dentro de un complejo industrial.

1.5. La auditoría eléctrica como una herramienta para lograr la eficiencia eléctrica

CIRCUTOR es una empresa con diferentes sedes en España y República Checa que es reconocida por su labor en la implementación de tecnología para la eficiencia energética, esta empresa ha publicado un modelo general de la aplicación de la auditoría eléctrica para lograr la eficiencia energética eléctrica, si bien, este modelo no es exactamente el que se

adapta al caso de estudio sirve como una referencia para poder llevar a cabo la auditoría eléctrica en la empresa Bella Rosa.

1.5.1. Aspectos para lograr que una instalación eléctrica sea eficiente

Para que una instalación eléctrica que se va a construir, los aspectos relevantes para alcanzar la eficiencia eléctrica son los siguientes:

- Gestión y optimización de la contratación.
- Gestión interna de la energía mediante sistemas de medición y supervisión.
- Gestión de la demanda.
- Mejoras de la productividad mediante el control y eliminación de perturbaciones.

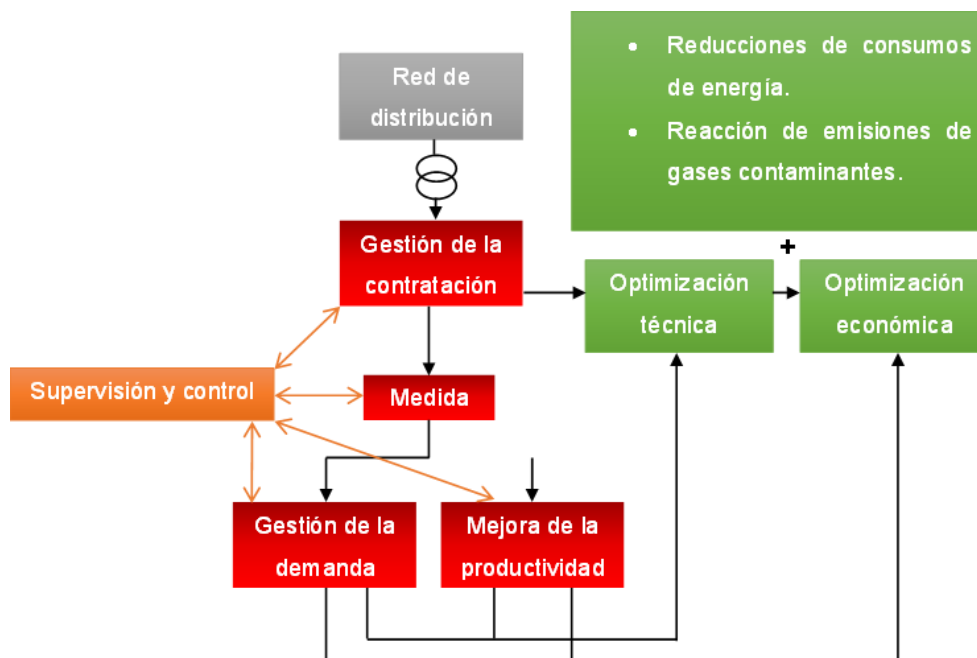


Fig. 1.3 Puntos básicos para que una instalación eléctrica sea eficiente. Fuente: CIRCUTOR

La gestión son guías para orientar la acción, previsión, visualización y empleo de los recursos y esfuerzos a los fines que se desean alcanzar. (Benavides, 2011)

En la Figura 1.3 se hace hincapié a supervisar si el servicio eléctrico que una empresa contrata es el mejor y si se adecúa a sus necesidades. Por medio de la medición de las variables eléctricas se logra gestionar la demanda eléctrica, es decir, administrar los consumos de energía eléctrica y por onde mejorar la productividad.

La optimización es un término complejo y que varía según el tipo de persona que lo utilice, por ello en el presente caso de estudio se opta por prescindir de dicho término, no así en el modelo de la auditoría eléctrica que se toma como referencia, la optimización se la

define como un método para determinar los valores de las variables que intervienen en un proceso o sistema con el objetivo de que el resultado sea el mejor posible.

Al lograr que una instalación eléctrica opere de una forma técnica competente (pérdidas mínimas) y sea económicamente factible se obtienen reducciones tanto de consumos de energía como reducción de CO₂ por la combustión de combustibles fósiles.

1.5.2. Cuestiones básicas sobre la eficiencia energética eléctrica

Explicados los aspectos a tener en cuenta para que una instalación eléctrica sea eficiente se plantean una serie de preguntas:

Gestión y optimización de la contratación

- ✓ ¿Es su contratación eléctrica la más adecuada a sus necesidades?
- ✓ ¿Sabe que una mala calidad de onda eléctrica puede afectar a sus procesos productivos?

Medida

- ✓ ¿Es consciente de cómo, cuándo y dónde consume energía?
- ✓ ¿Está seguro de que toda la energía que está consumiendo es necesaria?

Gestión de la demanda

- ✓ ¿Puede reducir sus consumos de energía eléctrica sin afectar a los procesos o actividades realizadas?
- ✓ ¿Es posible una mejora del rendimiento de las instalaciones?

Mejora de la productividad

- ✓ ¿Existe una forma de evitar las paradas y averías de sus equipos eléctricos?
- ✓ ¿Puede entonces mejorar la productividad de sus procesos?

Todas estas preguntas tienen la finalidad de establecer los objetivos a trabajar y cumplir para tener una instalación eléctricamente eficiente.

1.5.3. Acciones básicas para alcanzar la eficiencia eléctrica

Existen acciones y distintas fases de ejecución para lograr obtener una eficiencia eléctrica en una empresa, estas se dan a conocer a continuación.

Para instalaciones de nueva creación

En la Figura 1.4, para instalaciones de nueva creación, el proceso empieza en fase de proyecto, donde mediante software de simulación y cálculos de ingeniería pueden preverse ya los equipos necesarios de medida y los equipos de compensación de energía

fluctuante (energía que se transporta y no se utiliza) que deberán colocarse en la instalación. (Autonell, Balcells, & Barra, 2012).

El autor menciona que en esta fase solo se podrá hacer una primera valoración, aunque puede suponerse la instalación de varios equipos y hacer las previsiones de espacio, cableado, separación de líneas, etc.

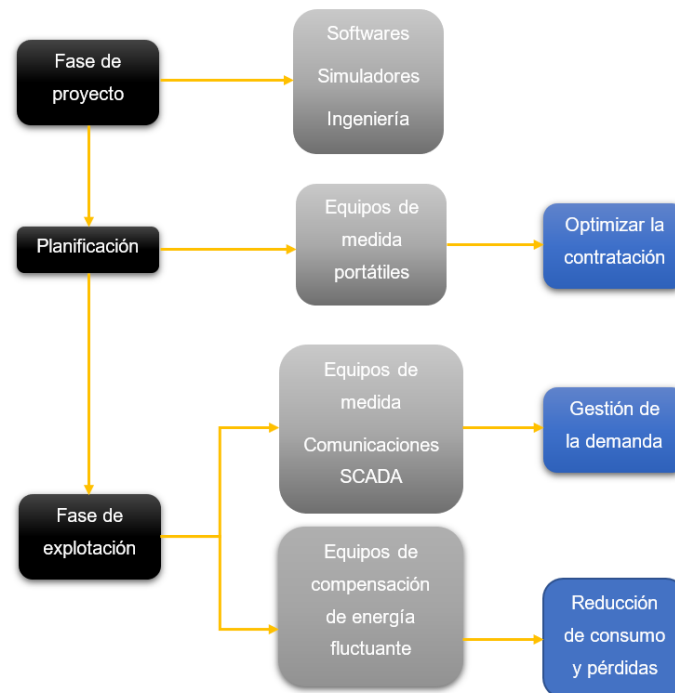


Fig. 1.4. Fases de optimización del consumo de energía eléctrica. Fuente: Autonell, 2012.

A continuación, se requiere una fase de planificación que permita determinar la contratación más conveniente y reconocer los puntos de medida para poder realizar posteriormente una gestión del consumo.

Para el presente caso de estudio, no es factible realizar una fase que permita determinar la contratación de energía eléctrica más conveniente porque la empresa Bella Rosa dispone de un solo proveedor del servicio eléctrico, que es EMELNORTE.

Finalmente, una vez construido el sistema se pasa a una etapa basada en la medida de los distintos parámetros eléctricos de la instalación.

Para instalaciones existentes

En instalaciones ya existentes las dos primeras fases deben sustituirse con una fase de análisis y medida. La fase de medida se realiza con analizadores de redes portátiles, capaces de medir y registrar datos de distintos parámetros eléctricos y como también de los diferentes tipos de perturbaciones o defectos de calidad de la onda eléctrica (armónicos).

Cualquier acción que tienda a mejorar el consumo de energía eléctrica se debe basar en el perfil de cargas, el perfil de cargas es un gráfico que representa a la carga eléctrica respecto al tiempo y como también del factor de utilización de las instalaciones.

El factor de carga es un indicador para determinar el grado de variación de carga en un periodo determinado (Valverde, 2005).

La demanda máxima (kW) es la demanda de energía eléctrica más alta que se ha producido durante un periodo de tiempo específico. "El factor de utilización es la razón entre la demanda máxima y la potencia instalada por intervalo de tiempo definido" (Campoverde & Sánchez, 2012).

Una vez detectados los centros de consumo y planificadas las acciones para su control y gestión, se podrán colocar instrumentos de medida fijos y controlar el conjunto mediante un sistema SCADA. Al momento que se disponga de datos tomados regularmente en los centros de consumo eléctrico, se deberá hacer una planificación de dichos consumos y en caso de que fuese necesario la respectiva aplicación de las acciones correctoras.

De lo anterior, la instalación de equipos de medida permanente en una instalación eléctrica y la implementación de un programa SCADA vienen a ser unas de las posibles propuestas de mejora para la eficiencia eléctrica en la empresa del caso de estudio.

1.6. Proyecto general de eficiencia energética eléctrica

De manera general, es importante conocer como un estudio de eficiencia energética eléctrica se encuentra estructurado y cómo también los pasos para realizar la auditoría eléctrica.

Primero hay que hacer un diagnóstico del estado actual de las instalaciones y después la auditoría eléctrica.

En la auditoría eléctrica se procede a tomar e interpretar mediciones de potencia y energía, como también de las variables necesarias para la posterior toma de decisiones. Para ello, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Qué se pretende obtener de las medidas.
- Qué puntos de medida son los idóneos.

De las medidas tomadas se pretende obtener parámetros eléctricos que reflejen el comportamiento real de los procesos productivos con respecto al consumo eléctrico de la empresa a auditar y a su vez se busca identificar posibles perturbaciones en la red eléctrica.

Los puntos de medida idóneos son aquellos en donde se consume una considerable cantidad de energía eléctrica, como es en el caso de estudio: post cosecha, cuarto de bombeo, de dosificación y de fumigación. Hay dos formas de realizar la auditoría, depende del tipo de instalación en el caso de estudio.

1.6.1. Instalaciones sin sistema de medida y supervisión

En este caso, se tiene que realizar una campaña mediante equipos portátiles de medida. Estos equipos deben permitir almacenar en su memoria interna, las variables seleccionadas (Voltaje, corriente, potencia, THDv, etc.). El número de mediciones necesarias depende de la cantidad de puntos de consumo eléctrico que se consideren críticos o necesarios.

En función del tipo de proceso, se determina la duración de cada una de las medidas, con el fin de que sea representativa del estado del punto medido. En particular según la Regulación Nro. ARCERNR 002/20 para estudios de calidad de producto dictamina que el analizador de red debe estar conectado al punto de consumo eléctrico un total de 7 días (una semana) tomando muestras cada 10 minutos sin interrupciones.

1.6.2. Instalaciones con sistema de medida y supervisión

En el presente caso de estudio las instalaciones no cuentan con un sistema de medida y revisión permanente, no está demás conocer las acciones que se tienen que realizar en caso de que si se disponga de lo anterior.

- Obtener de la información del sistema de medida y supervisión existente en la instalación, mediante datos almacenados en los históricos.
- De esta manera, además de la rapidez en la obtención de la información, se puede realizar, posteriormente, un seguimiento de las variables críticas.

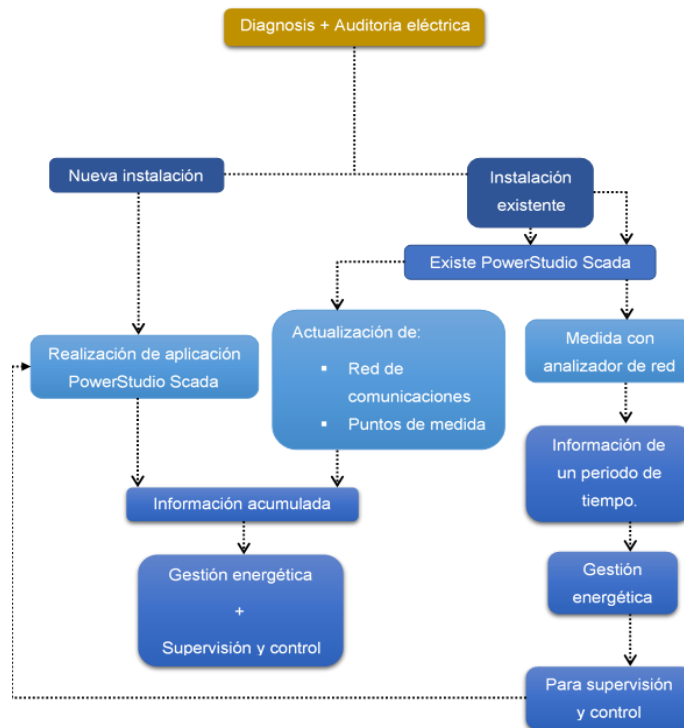


Fig. 1.5. Esquema general de un proyecto de eficiencia energética eléctrica. Fuente: Autonell, 2012.

En la Figura 1.5 se muestra el esquema general de un proyecto de eficiencia energética eléctrica, la realización de la aplicación PowerStudio SCADA es la principal propuesta de mejora para alcanzar la eficiencia eléctrica en este ejemplo.

Gestión de la energía eléctrica

En lo que respecta a la gestión de la energía eléctrica, hay dos bloques sobre los cuales se incide para optimizar el sistema y obtener la máxima eficiencia:

Gestión de la demanda

En este bloque se incluyen todas las acciones dirigidas a suavizar el perfil de la curva de demanda. Normalmente esto se consigue automatizar con la colocación de equipos de control de máxima demanda (maxímetros), que controlan la interrupción de cargas no críticas. En conjunto es lo que se llama gestión de la interrumpibilidad. (Autonell, 2012)

Al programar la interrupción de cargas no críticas en un proceso industrial se está contribuyendo a que dicho proceso no se vea afectado en caso de que una máquina de baja criticidad pase a fuera de servicio.

Reducción de consumos y pérdidas

Este bloque se basa en la colocación de equipos de compensación de energía reactiva, armónicos y equipos de filtrado para evitar las perturbaciones y asegurar la continuidad del suministro.

Los equipos de compensación tienen un objetivo global que es la mejora del factor de potencia. La potencia transportada o también conocida como energía fluctuante es la energía que se transporta, pero no se utiliza. Los tipos de energía fluctuante más comunes son la debida energía reactiva y de distorsión armónica.

Al compensar estas potencias se podrá mejorar el rendimiento de las instalaciones y hacer un uso más racional de los medios de generación y transporte. Estos equipos de compensación pueden también filtrar perturbaciones presentes en la red, como son los armónicos o también transitorios que son provocados por la utilización de variadores de frecuencia.

En fin, la reducción del consumo eléctrico y pérdidas son los factores en los que más se trabajará en el presente caso de estudio.

1.6.3. Viabilidad económica de las posibles propuestas de mejora

Determinado las posibles propuestas de mejora para la eficiencia eléctrica en una empresa se debe realizar un análisis económico detallado de la viabilidad de dichas propuestas, es decir, responder a las preguntas: ¿Las propuestas planteadas a largo plazo son factibles o no?, ¿Le conviene o no a la empresa? Por ello, se tiene que justificar económica y técnicamente cada propuesta.

Para cada propuesta se calculará lo siguiente:

- Coste de implantación.
- Ahorros energéticos esperados.
- Tiempo de retorno (dinero ahorrado en energía dividido para la inversión inicial).
- Mejoras de calidad, eficiencia, inconvenientes y otros (Vintimilla & Paladines , 2012).

Cada propuesta debe estar dirigida al ahorro energético; el ahorro de energía es igual a la diferencia entre el consumo energético inicial y el consumo de energía de la propuesta.

1.6.4. Análisis de los históricos del consumo eléctrico en una empresa

Para el presente caso de estudio se cuenta con la facturación del consumo eléctrico de cada zona de la empresa (oficinas, preservados, riego, poscosecha, etc), con esta

información se puede realizar un análisis de dicho consumo e identificar en qué zonas existe una mayor demanda de energía eléctrica y por ende donde centrar el estudio.

1.7. Ejemplos de auditorías eléctricas

A continuación, se dan a conocer 2 casos de auditorías, estas tienen el objetivo común de mejorar la eficiencia eléctrica por medio de propuestas de mejoras y la implementación de las mismas.

1.7.1. Caso de estudio 1

Tema: Auditoría eléctrica y reducción de consumo. Caso de estudio: campus de la Universidad Americana de Ras Al Khaimah - Emiratos Árabes Unidos.

La energía promedio consumida por día es de aproximadamente 975.28 kWh. Hay un promedio de 30,4 días por mes durante los diez meses, por lo que el consumo total de kWh para los diez meses totales es de 29,6485.3 kWh, que es aproximadamente de 29,648.53 kWh por mes.

De la Fig. 6, el consumo de energía en diez meses de la factura para el edificio B es de 290.400 kWh, que es un consumo de energía promedio de 29.040 kWh por mes, casi igual al consumo de energía calculado a partir de la auditoría de energía del edificio B. El porcentaje de error entre el valor del consumo de energía de la factura y el resultado de la auditoría de energía es de alrededor del 2%, lo que muestra una fuerte concordancia entre los dos escenarios.

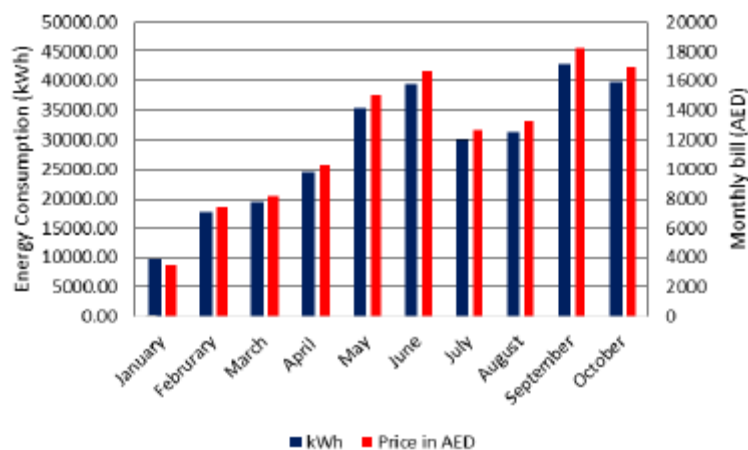


Fig. 1.6. Consumo energético mensual del edificio B. Fuente: Negash y Attia

Desde la auditoría energética, se puede clasificar la distribución del consumo total de energía en tres como iluminación, refrigeración (consumida por acondicionadores de aire) y

energía consumida por otros aparatos como computadoras, impresoras, equipos de laboratorio y otros aparatos eléctricos y electrónicos.

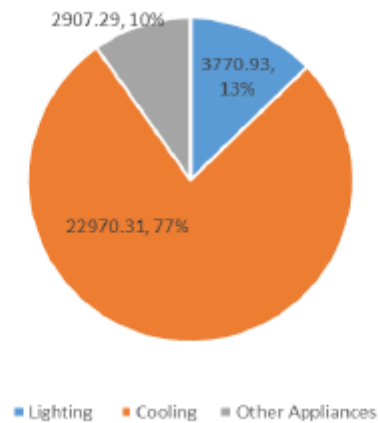


Fig. 1.7. Distribución del consumo de la energía del edificio B. Fuente: Negash y Attia.

Recomendaciones para mejorar la eficiencia energética

- Ajuste de la temperatura de los controles remotos de CA de la ventana existente a una temperatura razonable para minimizar el consumo de energía. Si es posible, reemplace las unidades actuales de aire acondicionado (AC) con las unidades de CA más recientes y con mayores prestaciones energéticas.
- Use las unidades de aire acondicionado cuando sea necesario y apáguelas en aulas vacías y cuando las personas no estén en sus oficinas.
- Instale un centro de aire acondicionado con un termostato programable que pueda ajustar la configuración de temperatura de acuerdo con las condiciones climáticas para que se pueda ahorrar energía, especialmente en las horas pico.
- Apagar las luces cuando no son necesarias, por ejemplo, cuando las personas no están en las aulas, laboratorios y oficinas.
- Utilizar sensores de movimiento en pasillos, baños y otros lugares necesarios donde la luz puede iluminarse según la presencia de personas.

1.7.2. Caso de estudio 2

Tema: Caracterización de una empresa de servicios energéticos caso práctico: comercio

El consumo eléctrico más elevado que nos encontramos en un comercio es la iluminación. El porcentaje puede rondar entre 35% y 50% del consumo total dependiendo de la actividad que vaya destinada al local. Se debe inventariar todos los tipos de luminarias existentes en el local indicando la altura a la que se encuentran del suelo indicando el tipo de lámpara, potencia y número de luminarias.

A la vez que se cuantifica las luminarias se verifica sus características propias de fluorescencia realizando mediciones de los niveles de iluminancia observando también si dispone de regulación del encendido. (Luna, 2012).

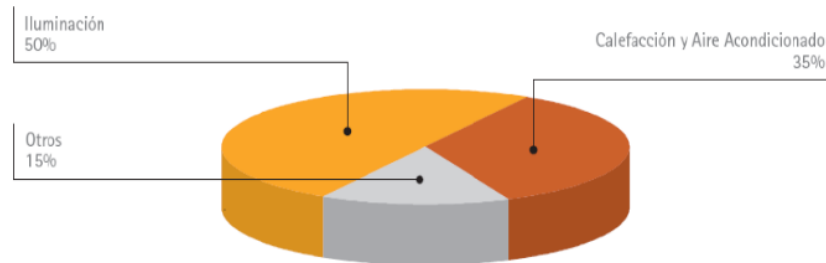


Fig. 1.8. Consumo de un local comercial. Fuente: IDEA

Mejoras para el ahorro energético

A continuación, se indican diversas mejoras susceptibles de ser alcanzadas en locales comerciales como resultado de la auditoría energética. Al final del capítulo se incluye una tabla con los porcentajes de ahorro energético que se pueden alcanzar con dichas mejoras.

- *Aislamiento térmico*
 1. Doble cristal y juntas de estanqueidad en ventanas.
 2. Introducir espuma aislante en pared hueca.
 3. Aislamiento de cubiertas y suelos.
- *Iluminación*
 1. Utilización de la luz diurna.
 2. Uso de lámparas y luminarias eficientes (ahorradoras de energía).
 3. Incorporación de balastos electrónicos.
 4. Sistemas de regulación en función de la luz diurna disponible.
 5. Interruptores automáticos en zonas de uso intermitente.
 6. Limpieza y mantenimiento.
- *Climatización: calefacción y aire acondicionado*
 1. Bombas de calor de alto rendimiento energético, por ejemplo, las de tipo Inverter.
 2. Sectorización de los sistemas de calor y frío.
 3. Control de temperaturas para reducir el consumo energético: recomendable 24°C en época estival y 21°C en épocas de frío.
 4. Utilizar calderas de condensación y calderas de baja temperatura, bien sean murales o de pie
- *Otros sistemas:*
 1. Selección adecuada de las temperaturas de conservación en cámaras y equipos frigoríficos, y optimización de la apertura de las cámaras.

2. Seguir las recomendaciones del fabricante.
3. Adquisición de equipos eficientes para nuevos locales o en sustitución de equipos obsoletos.
4. Programa de revisiones y mantenimiento preventivo de la instalación.

Analizado el modelo de una auditoría eléctrica en el sector industrial y sus componentes principales como son: los procesos de realización de una auditoría, aspectos a considerar para la realización de la auditoría tipo eléctrica y como también los beneficios de llevar a cabo dicha auditoría se tiene una idea concisa y clara del cómo proceder con la parte práctica del tema de tesis, para continuar con la redacción del capítulo 2.

CAPÍTULO 2

Diagnóstico del estado actual de las instalaciones

2.1. Introducción

En este capítulo se aborda lo que es el diagnóstico del estado actual de las instalaciones de la industria florícola Bella Rosa. Para lo cual se manifiesta el modelo de auditoría eléctrica en el sector industrial tratado en el capítulo uno, se procede a detallar todos los aspectos técnicos para cumplir con los objetivos planteados y dar las recomendaciones requeridas como una alternativa para solucionar el problema.

También se refiere a la empresa como tal y la familiarización del auditor con los procesos productivos de la plantación florícola.

2.2. Información general de Bella Rosa

Bella Rosa es una empresa florícola ecuatoriana ubicada en la vía Tabacundo - Cajas Km 3.2 provincia de Pichincha.

Bella Rosa es una empresa de alta calidad orgullosamente ecuatorianas que está presente en 62 países alrededor del mundo con 55 hectáreas donde crecen más de 100 maravillosas variedades de rosas.

En la Figura 2.1 y 2.2 se muestran el logotipo de la empresa y la vista satelital de la misma.



Fig. 2.1. Logotipo de Bella Rosa. Fuente: bellarosa.com



Fig. 2.2. Vista satelital del área territorial de Bella Rosa. Fuente: Googlemaps

Cómo se puede observar en la Figura 2.2, el área de la florícola se encuentra dividida en 2 colores, el color azul representa a Bella Rosa y el color verde a Rose Connection que es otro sector de la florícola, la industria florícola se encuentra sectorizada de esta forma con el objetivo de tener un control eficaz sobre los procesos productivos de la misma.

2.3. Características de la florícola Bella Rosa

Para conocer como la empresa se encuentra distribuida se solicitó la información pertinente a los directivos de la empresa. En la Figura 2.3, se tiene la representación digital en AutoCAD de la estructura de Bella Rosa zona 1.



Fig. 2.3. Estructura alámbrica 2D de la zona 1 de Bella Rosa. Fuente: Arq. Damián Cabezas

Las otras zonas de las que se compone la empresa se las pueden encontrar en el apartado de anexos.

Por medio de los planos arquitectónicos digitales brindados por el Ing. Héctor Chávez - Jefe de Mantenimiento y Seguridad Física, se pudo identificar las áreas de la empresa como se da a conocer a continuación. Bella Rosa está distribuida en tres zonas: zona 1, zona 2 y zona 3 mientras que Rose Connection en dos: zona 1 y zona 2.

En la Tabla 2.1, se presentan las áreas e instalaciones de la florícola Bella Rosa.

Tabla 2.1
Instalaciones de la florícola Bella Rosa

	Bella Rosa	Rose Connection
Zonas	Instalaciones	Instalaciones
Zona 1	Reservorio, Comedor, Planta de tratamiento de agua, Edificios de administración y contabilidad, Área de bodegas, Taller mecánico y eléctrico, Vestidores y SS.HH, Poscosecha (cuarto frío), Estación de riego (casetas de fumigación), Cultivo, Cámara de transformación.	Estación de riego, cuartos fríos, poscosecha, cámara de transformación, vestidores y SS.HH.

Zona 2	Planta de preservados, estación de bombeo – fertilización, sistema de apoyo UPS, planta de tratamiento de agua, estación de riego, casetas de fumigación, sistema contra incendios, cámara de transformación, cultivo, reservorio.	Caseta de riego, caseta de fumigación, área de cultivo, reservorio.
Zona 3	Caseta de fumigación.	

De la tabla 2.1, se puede identificar que existen mayor número de instalaciones en las zonas 1 y 2 de Bella Rosa en comparación con las zonas restantes, la zona 3 de Bella Rosa es prácticamente nueva y se encuentra en expansión mientras que las zonas 1 y 2 de Rose Connection presentan instalaciones típicas de una florícola como estaciones de riego y poscosecha.

2.3.1. Suministro de energía eléctrica de la empresa

La energía eléctrica que se consume en la industria florícola Bella Rosa es suministrada por la empresa regional norte EMELNORTE por medio de un alimentador en media tensión a 13.8kV, el mismo que proviene de la S/E La Esperanza cantón Pedro Moncayo y que distribuye dicha energía a 7 transformadores (monofásicos y trifásicos) ubicados en diferentes zonas de la empresa a través de una red radial. Cada transformador está destinado para alimentar determinadas cargas dentro de la empresa, existen 5 transformadores trifásicos y 2 monofásicos como se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2
Transformadores de la empresa Bella Rosa

<i>N°</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Nomenclatura</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Fases</i>	<i>Suministro</i>	<i>Medidor</i>
1	Pozo profundo – zona 1 baja	16097 ABC	125 kVA	3	217629-7	T45735-ABB
2	Estación de riego – zona 1 alta	16096 ABC	75 kVA	3	217628-9	T47020-ELS
3	Poscosecha – zona 1 alta	16095 ABC	125 kVA	3	183439-8	T47031-ELS
4	Poscosecha – Zona 1 Rose Connection	16098 ABC	125 kVA	3	228033-7	T47046-ELS
5	Planta de preservados – zona 2	16101 A	50 kVA	1	232966-2	T3R5002-ABB
6	Estación de riego – zona 2	16211 ABC	125 kVA	3	403891-6	T4R6320-ABB
7	Estación de riego y fumigación - Rose Connection	1901 A	75 kVA	1	200761-4	B313360-LAN

De la tabla 2.2, se identifica a los puntos donde se consume energía por medio de los transformadores, el código del suministro y medidor de consumo eléctrico respectivos. Con la ayuda de la herramienta de software ArcGIS 10.4 se logró ubicar los diferentes

transformadores que se encuentran distribuidos en la empresa como se muestran en las Fig. 2.4.

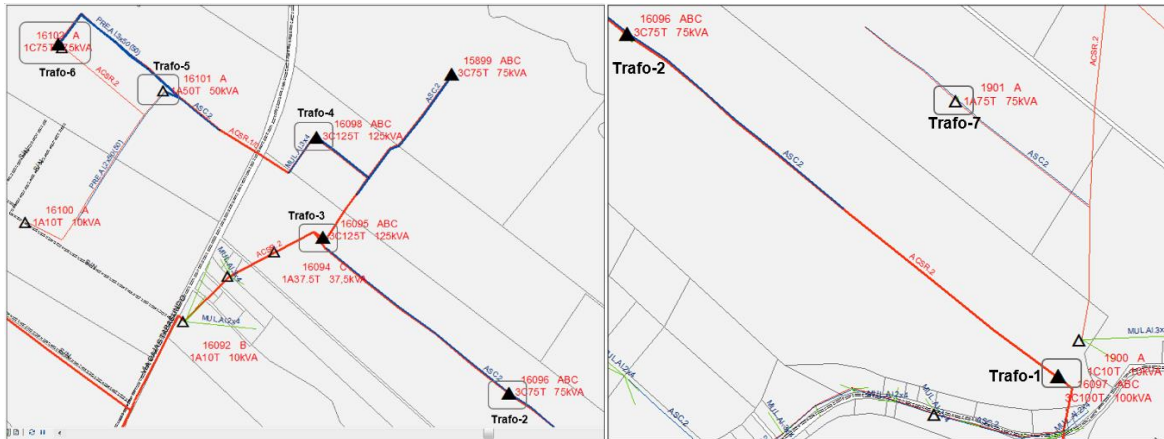


Fig. 2.4. Transformadores de Bella Rosa & Rose Connection. Fuente: el autor

2.4. Etapas para realizar el diagnóstico del estado actual de las instalaciones

Para la realización del diagnóstico del estado actual de las instalaciones de la industria florícola Bella Rosa se procedió acorde al siguiente esquema de diagrama de bloques.

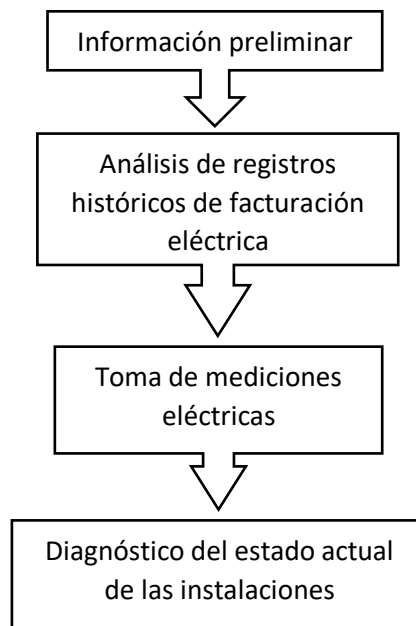


Fig. 2.5. Diagrama de bloques del diagnóstico del estado de las instalaciones. Fuente: el autor

En la Fig. 2.5 se presenta un diagrama de bloques sobre las etapas necesarias para la realización del diagnóstico del estado en el que se encuentran actualmente las instalaciones de la empresa Bella Rosa, este diagrama se planteó en base al modelo de la auditoría en el sector industrial tratado en el capítulo 1.

Cada etapa consiste en un conjunto de actividades específicas que siguen un orden cronológico para el cumplimiento de estas y que se detallan a continuación.

2.4.1. Información preliminar

Esta etapa inicial consiste en el conocimiento previo que es necesario tener de la empresa para la identificación de las áreas en donde se centrará el estudio. En el apartado 2.3 se detalló las características de la empresa, cabe mencionar que como Bella Rosa tiene un área considerablemente grande fue necesario realizar varias investigaciones de campo en diferentes días para la recopilación de la información necesaria. Las actividades que se llevaron a cabo consistieron en:

- a. Reunión con el personal administrativo y de mantenimiento de la empresa.
- b. Realización de preguntas técnicas al personal de mantenimiento y supervisor.
- c. Identificación de los posibles lugares donde realizar la conexión del aparato de medición.
- d. Coordinación de las visitas posteriores para las investigaciones de campo.

En la primera visita se realizó una reunión con el personal administrativo y de mantenimiento, en donde se trataron el propósito del estudio que se va a llevar a cabo y las necesidades de la empresa en cuanto a eficiencia eléctrica se refiere. También, se realizaron preguntas técnicas al encargado del área de mantenimiento y al supervisor. A través de esto se conoció que la empresa tiene problemas de caídas de voltaje y bajo factor de potencia.

Además, se llegó a identificar los posibles lugares donde conectar el aparato de medición en la zona 2 y también coordinar las visitas posteriores con el director administrativo de la empresa.

2.4.2. Análisis de los registros históricos del consumo eléctrico en la empresa

Como parte importante en la estructura de un proyecto de auditoría eléctrica se tiene el análisis de registros históricos de facturación en cuanto al consumo eléctrico se refiere. A través de las facturas del servicio eléctrico brindadas por el departamento de contabilidad de la empresa se realizaron tablas con los parámetros eléctricos y valores facturados mensuales en los suministros de la empresa, dichas tablas se presentan en el apartado de anexos.

2.4.2.1. Tarifas eléctricas que se aplican en la florícola Bella Rosa

La demanda facturada y el valor total de la factura de cada suministro se calcula en base al tipo de cliente que sea la empresa y la tarifa que se le aplique. A continuación, se tiene la Tabla 2.2 donde se observan el tipo de cliente (plan) y la tarifa de la empresa.

Tabla 2.2

Tarifas eléctricas de la empresa Bella Rosa

N° Trafo	Suministro	Plan	Tarifa
1	217629-7	91	312-B.Agua Dem.Reg.Horario*(Media Tensión)
2	217628-9	91	312-B.Agua Dem.Reg.Horario*(Media Tensión)
3	183439-8	91	933-Ind.Demanda con reg.horario* (Baja Tensión-Trafo propio)
4	228033-7	91	933-Ind.Demanda con reg.horario* (Baja Tensión-Trafo propio)
5	232966-2	91	933-Ind.Demanda con reg.horario* (Baja Tensión-Trafo propio)
6	403891-6	91	933-Ind.Demanda con reg.horario* (Baja Tensión-Trafo propio)
7	200761- 4	91	933-Ind.Demanda con reg.horario* (Baja Tensión-Trafo propio)

El plan 91 indica a cliente de tipo especial

De lo anterior, son 2 puntos de consumo de energía eléctrica en la florícola donde la principal función es el bombeo de agua para riego, el primero es el Trafo. 1 del pozo profundo y el segundo el Trafo. 2 de la estación de bombeo, ambos ubicados en la zona 1 de Bella Rosa. En cuanto a los 5 suministros restantes tienen la tarifa de categoría general de bajo voltaje tipo industrial con registrador de demanda horaria.

2.4.2.2. Representación gráfica del consumo eléctrico de los suministros

Como se muestran en los anexos A y B y en el apartado 2.3.1 se pueden identificar 7 puntos de consumo de energía eléctrica (suministros) en la florícola, es necesario determinar cuales de estos puntos presentan problemas que pueden repercutir negativamente en la eficiencia eléctrica de la empresa, porque como se muestra en la Figura 2.11 y el anexo C algunos suministros no presentan un bajo factor de potencia y consumo eléctrico facturado elevado en comparación con los otros suministros.

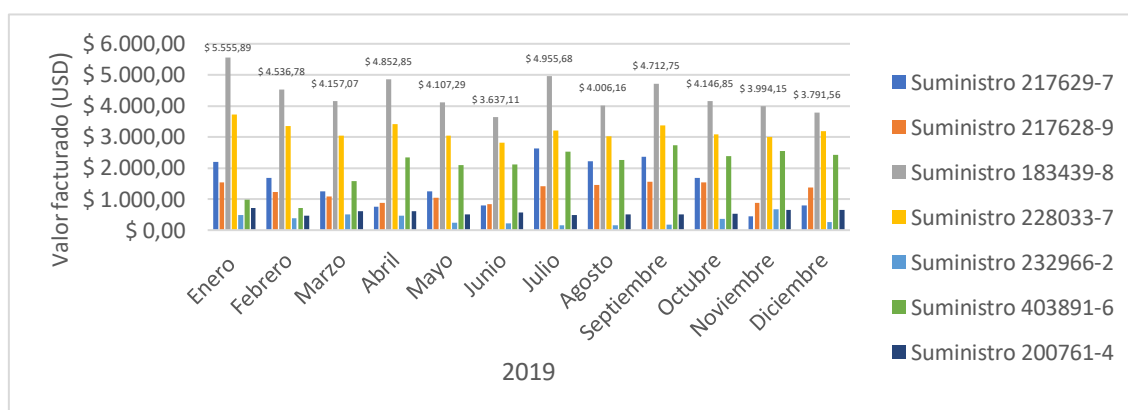


Fig. 2.6. Gráfico del comportamiento del valor facturado de cada suministro en el año 2019. Fuente: el autor

De la Figura 2.6 y el anexo C, se observan valores facturados elevados como es el caso de los suministros 183439-8, 228033-7 y 403891-6 pertenecientes a el área de poscosecha de Bella rosa, poscosecha de Rose Connection y la estación de riego de la zona 2 de Bella Rosa respectivamente.

2.4.2.3. Representación gráfica del factor de potencia FP en los suministros

Otro factor de utilidad para determinar si una instalación eléctrica es eficiente es el factor de potencia FP. Básicamente, el FP es la relación del consumo de potencia de los equipos con la potencia aparente entregada por la red eléctrica. Como se había tratado en el apartado de las tarifas eléctricas que se aplica a la empresa, en la ecuación (1) se tiene un valor facturado referente a la penalización por bajo factor de potencia P_{BFP} .

Esta penalización se calcula únicamente si el factor de potencia registrado por el medidor es menor a 0.92 como dicta el Pliego Tarifario SPEE vigente en su apartado 10. Para determinar el valor de esta penalización se multiplica el factor de penalización por la factura por servicio público de energía eléctrica inicial. De los históricos de facturación, se observa que varios suministros de la florícola presentan un bajo factor de potencia y el factor de penalización correspondiente.

En la Figura 2.7 y se puede observar el comportamiento del factor de potencia FP de los suministros en los años 2019 y 2020.

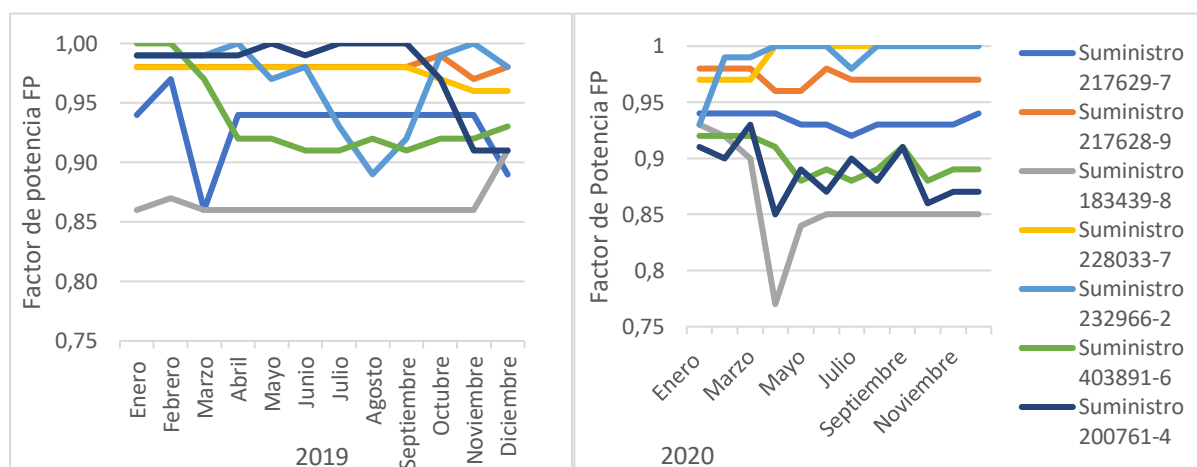


Fig. 2.7. Comportamiento del factor de potencia en los años 2019 y 2020. Fuente: el autor

De la Figuras 2.7, se identifican factores de potencia relativamente bajos y que corresponden a los suministros que presentan un valor de facturación por consumo de energía eléctrica elevado.

Es de esta manera que, se determinan 4 suministros donde se llevarán a cabo la toma de mediciones eléctricas y el levantamiento de datos de las instalaciones como protecciones, calibres de los conductores y las cargas que alimentan, estos suministros son: 183439-8 (Zona 1 alta - Bella Rosa), 228033-7 (Zona 1 - Rose Connection), 403891-6 (Estación de riego Zona 2 - Bella Rosa) y 200761-4 (Estación de riego y fumigación Zona 2 - Rose Connection).

2.4.3. Toma de mediciones eléctricas

En esta etapa se procedió a realizar la toma de mediciones eléctricas tanto de calidad de energía como de niveles de voltaje y corrientes de los equipos eléctricos representativos de la empresa.

Para realizar la toma de mediciones eléctricas en las instalaciones de la industria florícola Bella Rosa se utilizó el equipo analizador de redes Fluke 1744 Power Quality Logger y la pinza amperimétrica 378 FC.



Fig. 2.11. Adquisición de datos de las mediciones eléctricas del suministro 228033-7. Fuente: el autor

En la Figura 2.11 se tiene el proceso de adquisición de datos de las mediciones registradas por el analizador de redes. Se utilizó el software PQlog de Fluke para verificar y analizar los parámetros medidos. Con la obtención de los resultados de las mediciones eléctricas de los 4 suministros se procede a realizar el análisis de los parámetros medidos.

2.4.3.1. Análisis de las mediciones

A continuación, se procede a realizar el análisis de las mediciones del suministro 183439-8 perteneciente al transformador 16095 ABC de 125kVA, para los suministros restantes se los encuentra en la parte de anexos.

➤ Niveles de voltaje

La muestra es un total de 1008 mediciones y han sido registradas por el analizador de redes cada 10 minutos para cada transformador de los diferentes suministros como dicta la regulación Nro. ARCERNNR 002/20, en la siguiente tabla se presentan los valores de voltaje medidos y el rango del voltaje admisible para el transformador 16095 ABC como referencia.

Tabla 2.3

Niveles de voltaje para el transformador 16095 ABC, suministro 183439-8

Voltaje	Niveles de voltaje del transformador 16095 ABC 125kVA			Regulación Nro. ARCERNNR 002/20	
	Fase A	Fase B	Fase C	Voltaje admisible	Nivel
Voltaje mínimo	115,07	117,26	116,2	± 8 %	Bajo

Voltaje máximo	134,29	135,4	135,41	± 6 %	Medio
Voltaje promedio	129,66	131,02	130,9	± 5 %	Alto
Voltaje nominal	127	127	127	<i>Voltaje mín</i>	<i>Voltaje max</i>
Porcentaje de mediciones fuera del rango	0%	0%	0%	116,84	137,16

Los valores de voltaje de los transformadores restantes se los encuentra en la parte de anexos.

De las 1008 mediciones solo 20 están fuera del rango dictado por la regulación ARCERNNR 002/20, por lo que representa un 0,01% del total de la muestra y por ende no incumple con dicha regulación. En la Figura 2.14 se tiene el gráfico del voltaje eficaz de cada una de las fases.

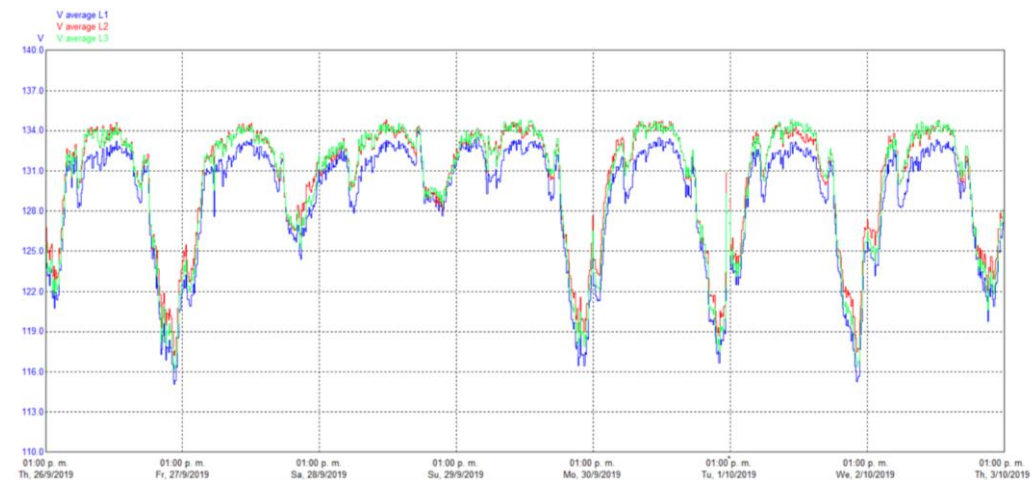


Fig. 2.14. Voltaje RMS del transformador 16095 ABC 125kVA. Fuente: el autor

En la Figura 2.15 se pueden observar los eventos e interrupciones del transformador del suministro 183439-8, únicamente hay 3 eventos, estos son swells o conocidos también en español como elevaciones de voltaje.

Los swells son lo contrario a las caídas de voltaje (dips) y pueden ocurrir por un fallo entre una línea y la tierra o también cuando se apaga una carga grande. (ELSPEC, 2020).

Los niveles de voltaje para los transformadores restantes también se encuentran en el rango permitido y se los puede encontrar en la parte de anexos al igual que los gráficos de voltaje RMS y de eventos de voltaje.

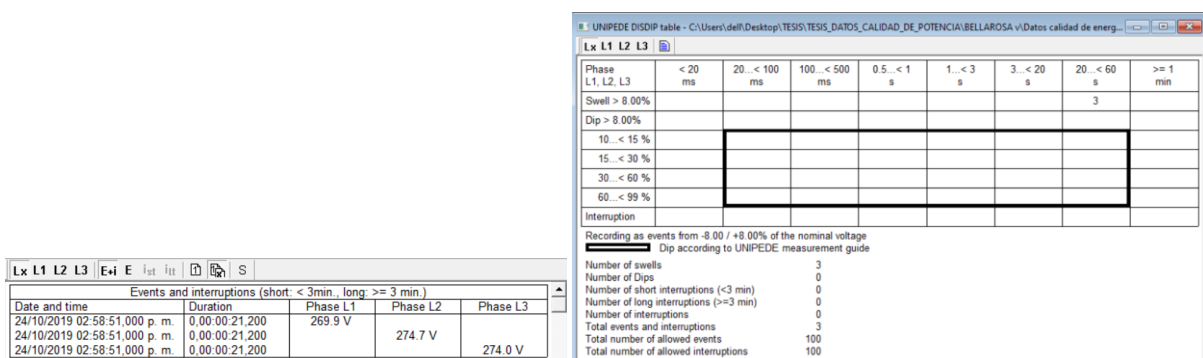


Fig. 2.15. Eventos e interrupciones de voltaje del transformador 16095 ABC 125kVA. Fuente: el autor

➤ **Distorsión armónica de voltaje THDv**

Según la regulación ARCERNNR 002/20, el nivel de THDv en cada una de las fases no debe sobrepasar del 8% del voltaje nominal, los resultados de las mediciones de este parámetro en todos los transformadores indican el cumplimiento con dicha regulación y se presentan a continuación en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4
Valores de THDv de los 4 transformadores de estudio

Flicker Pst	Trafo 16095 ABC 125kVA			Trafo 16098 ABC 125kVA			Trafo 16211 ABC 125kVA			Trafo 1901 A 75kVA		Cumple
	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	
THDv min	0,98	0,98	1,18	0,91	0,94	0,94	0,78	0,89	0,87	1,88	1,85	SI
THDv max	3,54	3,5	3,37	4,16	4,35	4,15	3,19	3,39	3,4	4,36	4,34	SI
THDv prom	2,13	2,18	2,09	2,48	2,58	2,4	2,02	2,1	2,19	3,17	3,18	SI

➤ **Análisis de corrientes**

Los resultados obtenidos de las mediciones indican un desbalance de carga en varios transformadores de la florícola, a continuación, se tiene la Tabla 2.5 con estos datos de corrientes.

Tabla 2.5
Corrientes máximas RMS en los transformadores de la florícola

Trafo 16095 ABC 125kVA					Trafo 16098 ABC 125kVA				
Hora	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro	Hora	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
13:40:00	417,4	468,7	466,6	13,9	10:20:00	296,8	323,9	70,1	280,9
9:40:00	352	389,3	365,4	0	08:50:00	203,8	230,7	56,4	211,8
13:30:00	355,4	386,9	383,3	11,5	11:20:00	252,4	291,2	62,9	247,8
Trafo 16211 ABC 125kVA					Trafo 1901 A 75kVA				
Hora	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro	Hora	Fase A	Fase B	Neutro	
09:40:00	370,1	245,6	341,5	24,5	12:40:00	195	190,9	17,9	
11:20:00	314,7	209,5	324,7	22,5	14:50:00	232,8	227,7	18,8	
07:50:00	304,3	206,9	274,1	20,8	11:00:00	233	228,6	18,4	

Como se observa en la Tabla 2.5, las corrientes de los transformadores son muy elevadas en ciertas horas del día, esto se debe principalmente a que entran en

funcionamiento bombas centrífugas de potencia elevada. También se observa que existe circulación de corrientes por el conductor neutro.

El transformador 16098 ABC que alimenta a la Zona 1 de Rose Connection se puede apreciar que tiene un desbalance de carga muy notable, la fase 3 casi no se encuentra cargada en comparación con las otras 2 fases y el conductor neutro tiene corrientes muy elevadas que pueden ocasionar problemas en las instalaciones. En cuanto al transformador que alimenta la estación de riego de la Zona 2 de Bella Rosa también se observa un desbalance de carga entre las fases, mientras que el transformador de la Zona 2 de Rose Connection no presenta corrientes de gran amperaje que puedan provocar un desequilibrio entre las fases.

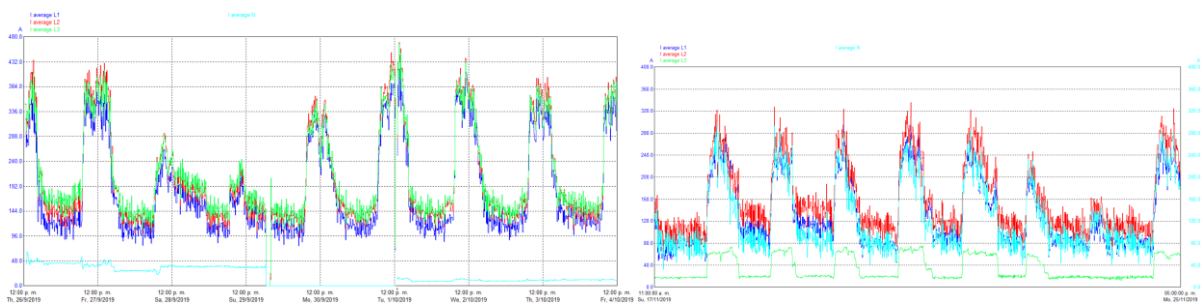


Fig. 2.16. Corrientes RMS de los transformadores 16095 ABC y 16098 ABC. Fuente: el autor

➤ **Factor de potencia**

El Pliego Tarifario SPEE para efecto de calidad de energía indica que el Fp en las instalaciones no debe ser menor a 0.92. Según el reporte de mediciones se tiene la siguiente tabla:

Tabla 2.6

Factor de potencia total en las instalaciones de la empresa

	Fp transformador 16095 ABC	Fp transformador 16098 ABC
Factor de potencia Fp	Fp total	Fp total
Fp mínimo	0,78	0,72
Fp máximo	0,91	0,93
Fp promedio	0,85	0,81
Número de mediciones < 0.92	998	999
	Fp transformador 16211 ABC	Fp transformador 1901 A
	Fp total	Fp total
Fp mínimo	0,789	0,52 & -0,65
Fp máximo	0,97	1
Fp promedio	0,93	0,56
Número de mediciones < 0.92	103	669

El factor de potencia promedio del transformador 16095 ABC es relativamente bajo. Para el transformador de la zona 1 de Rose Connection se evidencian valores de factor de potencia muy bajos, el porcentaje de mediciones fuera del límite según la regulación está en el orden del 90% lo que puede ocasionar serios problemas en las instalaciones.

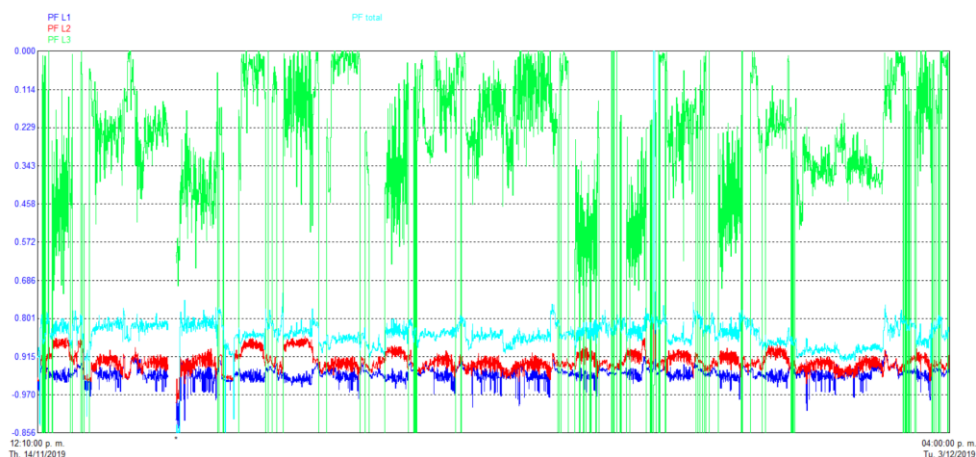


Fig. 2.19. Factor de potencia por fases del transformador 16098 ABC – Zona 1 Rose Connection. Fuente: el autor.

El transformador 15211 ABC que alimenta parte de la zona 2 de Bella Rosa presenta niveles de factor de potencia dentro del límite requerido y Para el transformador monofásico de 75kVA se determina el incumplimiento de los niveles de factor de potencia admisibles, teniendo un 65% de mediciones menores a 0,92, en este transformador se encuentran factores de potencia de signo negativo que indican presencia de cargas capacitivas.

➤ **Cargabilidad**

De los resultados obtenidos para el transformador 1605 ABC de 125 kVA, se tiene que de las 1019 mediciones registradas 133 sobrepasan la potencia nominal del transformador

por lo que se deduce que dicho Trafo está sobrecargado, en la Figura 2.20 se puede apreciar el comportamiento de la potencia aparente promedio.

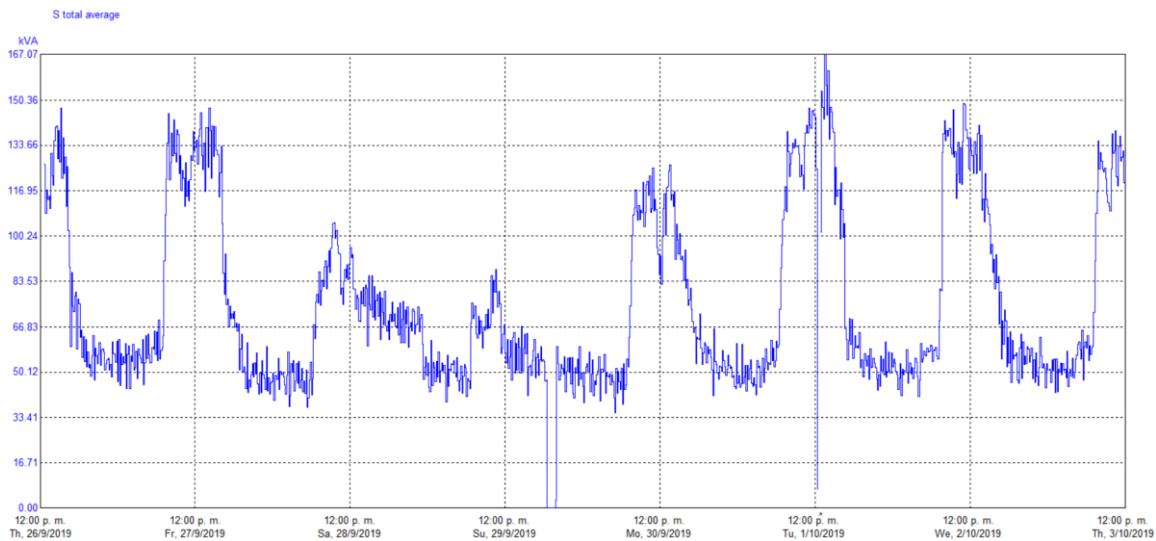


Fig. 2.20 Potencia aparente promedio total aparente del transformador 16095 ABC. Fuente: el autor

En lo que refiere al transformador 16098 ABC de Rose Connection, se tiene que la potencia máxima aparente registrada es de 85,073 kVA por lo tanto se determina que la cargabilidad de dicho transformador es del 68%. En el transformador 16211 ABC se tiene una potencia aparente máxima de 115,97 kVA lo que equivale a una cargabilidad del 92% y se deduce que no se encuentra sobrecargado y por último, en el transformador 1901 A de la zona 2 de Rose Connection se tiene una potencia aparente máxima registrada de 33,25kVA que representa un 44% de cargabilidad.

2.4.4. Diagnóstico del estado actual de las instalaciones

Esta etapa es la final del proceso para realizar el diagnóstico del estado actual de las instalaciones eléctricas de la florícola y consiste en el levantamiento de datos e información de los equipos y dispositivos existentes en la misma.

2.4.4.1. Levantamiento de datos de las cargas conectadas a los suministros

- *Suministro 183439-8 (Zona 1 alta - Bella Rosa)*

En la Tabla 2.3, se presentan las cargas conectadas al suministro que por medio del análisis de registros de facturación señala a esta área como unos de los puntos de consumo de energía eléctrica más importantes de la empresa.

Tabla 2.3
Cargas conectadas al suministro 183439-8 Zona 1 alta – Bella Rosa

<i>Identificador</i>	<i>Área</i>	<i>Cargas</i>	<i>Potencia (W)</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Carga total en W</i>
SUB-TD 1	Poscosecha	Unidades condensadoras de 7HP	5222	1	5222
		Unidades condensadoras de 5HP	3730	16	59680
		Unidades condensadoras de 3HP	2238	2	4476
		Motorreductores	2238	4	8952
		Lámparas LED	72	108	7776
		Lámparas LED	36	75	2700
		Ordenadores de escritorio	350	4	1400
SUB-TD 2	Cuarto frío 2	Unidades condensadoras de 7HP	5222	3	15666
		Lámparas LED	36	60	2160
SUB-TD 3	Reservorio y oficinas (Administración y RR.HH)	Bomba centrífuga	11190	2	22380
		Arrancador suave	30000	2	60000
		Ordenador de escritorio	350	3	1050
		Impresora	1130	2	2260
		Horno microondas	1200	1	1200
		Cafetera	650	1	650
		Laptop	200	2	400
SUB-TD 4	Estación de riego - Zona 1 alta	Bomba centrífuga	2611	4	10444
SUB-TD 5	Taller eléctrico y mecánico	Amoladora angular	710	1	710
		Soldadora	7000	1	7000
Total					214126

Con los datos de la tabla anterior se realizan los siguientes gráficos:

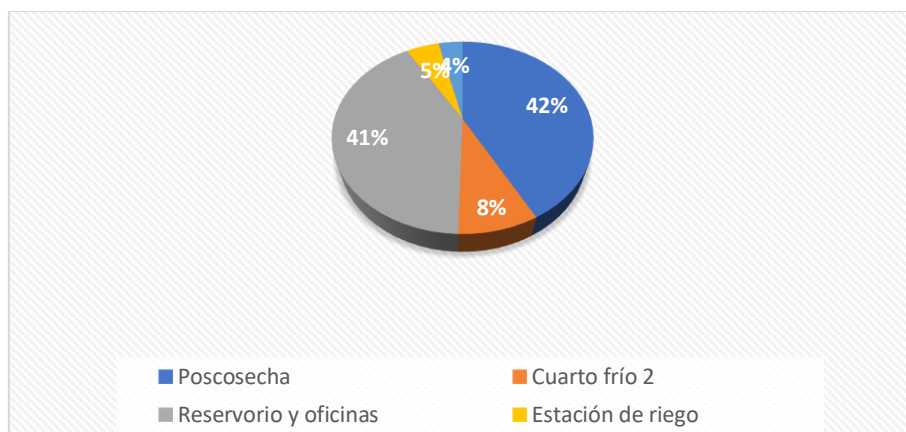


Fig. 2.10 Carga instalada en porcentaje del suministro 183439-8. Fuente: el autor



Fig. 2.11 Consumo de energía eléctrica en fuerza, iluminación y por dispositivos electrónicos. Fuente: el autor

2.4.4.2. Levantamiento de datos de los equipos eléctricos y electrónicos conectados al suministro 183439-8

Tabla 2.4

Datos técnicos de los equipos eléctricos y electrónicos

<i>Equipo descripción</i>	<i>Zona</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Voltaje (V)</i>	<i>Amperaje (A)</i>	<i>Fases</i>	<i>Potencia HP</i>	<i>Tamaño de cable (AWG)</i>	<i>Observaciones</i>
Bomba centrífuga WEG	Estación de riego	4	220	11,86	3	3,5	3x8	Equipos deteriorados. Sistema con fuga. Válvulas de alivio averiadas.
Motorreductores WEG	Poscosecha	4	220	12,9	3	3	3x12	
Bomba Centrífuga Irx50-160b Saer	Reservorio	2	220	41,8	3	15	3x8	
Arrancador suave Siemens 3RW4037	Reservorio	2	220	63	3	30kW	3x14	
Unidad condensadora ELGIN	Poscosecha	3	220	16,95	3	5	3x8	

Unidad condensadora TECUMSEH	Poscosecha	4	220	14,2	3	5	3x8	Deterioradas
Unidad condensadora Danfoss Optyma™	Poscosecha	2	220	16,95	3	5	3x8	
Unidad condensadora Danfoss Optyma™	Cuarto frío 2	3	220	23,74	3	7	3x18	
Unidad condensadora Copeland	Poscosecha	2	220	9,73	3	3	3x8	
Unidad condensadora Luvata	Poscosecha	5	220	16,95	3	5	3x8	Equipos descontinuados.
Unidad condensadora SMEN	Poscosecha	2	220	22.88	3	5	3x8	

De la Tabla 2.4, la cantidad de equipos que demandan una potencia considerable en este suministro es de 33, entre estas 21 son unidades condensadoras y se las considera cargas permanentes al igual que las 4 bombas de la estación de riego puesto que siempre están en funcionamiento mientras que las bombas centrífugas del reservorio son ocasionales. También, se realizó el levantamiento de datos de los equipos por medio de sus placas, en la Figura 2.12 se muestra el ejemplo de una placa de una bomba centrífuga.



Fig. 2.12. Placa de bomba centrífuga Saer del reservorio de la Zona 1 alta. Fuente: el autor

2.4.4.3. Características de los tableros de distribución y control del suministro 183439-8

En la Tabla 2.4 se tiene las especificaciones técnicas de las protecciones, calibre del conductor y tipo de aislamiento del alimentador principal y como también de los subtableros de distribución.

Tabla 2.4

Conductores y protecciones de los tableros de distribución del suministro 183439-8 – Bella Rosa

Área	Equipos	Protección	Calibre del conductor	Tipo de aislamiento
Alimentación principal		400 A	1/0 AWG / línea	TTU

Postcosecha		300 A	2/0 AWG / línea	THHN
Cuarto frio 2		160 A	2/0 AWG	THHN
	Unidades condensadoras	160 A	3x18 AWG	TW
Reservorio y oficinas		160 A	2/0 AWG	THHN
	Bombas centrífugas	70 A	3x8 AWG	TW
Estación de riego Zona 1 alta		160 A	2/0 AWG	THHN
Taller eléctrico y mecánico		30 A	1x8 AWG	TW

En la Figura 2.13 se tiene el gabinete del Subtablero de distribución del área de reservorio y oficinas.



Fig. 2.13. Subtablero de distribución del área del reservorio y oficinas

De la Tabla 2.4, los cuartos fríos de postcosecha de Bella Rosa funcionan a través de 5 grupos de unidades condensadoras ubicadas en la parte exterior del edificio. Cada grupo tiene tableros de control (TC) para determinado número de unidades, en la siguiente tabla se muestran a detalle las características de estos tableros.

Tabla 2.5
Características principales de los tableros de control de los cuartos fríos del suministro 183439-8

Identificador	Grupo	Protección		Características
TC-1	1	Nombre del dispositivo	ComPact NSX160F	Barras distribuidoras 4x15.
		Tipo de componente	Interruptor automático	Relé Camco de Protección de Tensión VP-002.
		Número de polos	3	Breakers Schneider Easy9 3 Polos y 2 polos.
		Corriente nominal (In)	160 A en 40 °C	Contactores LS ELECTRIC - MC-40A-230VAC.
		Tensión nominal	690 V AC	Relés térmicos TH40DACO de RANGO (AMP) 18-26 A. Temporizadores.

TC-2	2	Nombre del dispositivo	Camsco C60N	Breaker de 30 A.
		Tipo de componente	Mini disyuntor	Contactores LS ELECTRIC - MC-40A-230VAC.
		Número de polos	3	Relés térmicos TH40.
		Corriente nominal (In)	32 A	Interruptor magnetotérmico DomA42 2P C 20 A.
		Tensión nominal	400 V AC	Módulo lógico Schneider Electric Zelio Logic, 120 V ac, 240 V ac.
TC-3	3	Nombre del dispositivo	TQC G.E	Protección de 40 A.
		Tipo de componente	Breaker sobrepuesto	Protección secundaria de 30 A.
		Número de polos	3	Contactores LS Electric.
		Corriente nominal (In)	70 A	Relés térmicos TH40.
		Tensión nominal	120/240 V	
TC-4	4	Nombre del dispositivo	Camsco C60N	Supervisores de voltaje breakermatic trifásicos.
		Tipo de componente	Mini disyuntor	Contactores LS ELECTRIC - MC-40A-230VAC.
		Número de polos	3	Contactador Edison E40A3P220.
		Corriente nominal (In)	32 A	Relé temporizador Off delay Eddison,
		Tensión nominal	400 V AC	
TC-5	5	Nombre del dispositivo	Acti9 iC60N	Monitor de tensión trifásico COEL BVF.
		Tipo de componente	Interruptor automático en miniatura	Relé temporizador AH3-NA CNC. Contactador DACO MC 32.
		Número de polos	3	Contactador Schneider de ca 50A LC1E50 LC1E50M5N.
		Corriente nominal (In)	63 A	Contactores LS Electric MC-22b 220VCA.
		Tensión nominal	440 V AC	

De la tabla 2.5, los tableros de control que se observan son los principales de cada grupo de unidades condensadoras y presentan características de elementos de protección y control similares.

En la Figura 2.16, se tiene como ejemplo el tablero de control del grupo 1 de las unidades condensadoras de los cuartos fríos de poscosecha.



Fig. 2.16. Tablero de control, grupo 1 de unidades condensadoras. Fuente: el autor.

Las características de las protecciones de los subtableros de distribución del suministro 183439-8 se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2.6
Características de los subtableros de distribución del suministro 183439-8

Identificador	Protección principal		Protección secundaria	
	Nombre del dispositivo		Nombre del dispositivo	
SUB-TD1	Nombre del dispositivo	ABN 403C	Nombre del dispositivo	Schneider C60n
	Corriente nominal (In)	300 A	Corriente nominal (In)	43 A
SUB-TD2	Nombre del dispositivo	MCCB Schneider Electric	Nombre del dispositivo	
	Corriente nominal (In)	160 A	Corriente nominal (In)	
SUB-TD3	Nombre del dispositivo	ABB XT2L Ekip	Nombre del dispositivo	ABB A1B125
	Corriente nominal (In)	160 A	Corriente nominal (In)	70 A
SUB-TD4	Nombre del dispositivo	MCCB Schneider Electric	Nombre del dispositivo	M203
	Corriente nominal (In)	160 A	Corriente nominal (In)	63 A
SUB-TD5	Nombre del dispositivo	FHL 36030	Nombre del dispositivo	
	Corriente nominal (In)	30	Corriente nominal (In)	

Como se observa en tabla anterior, en 2 de los 5 subtableros de distribución no existen protecciones secundarias. Con los datos levantados de las instalaciones eléctricas del suministro se realiza el siguiente diagrama unifilar.

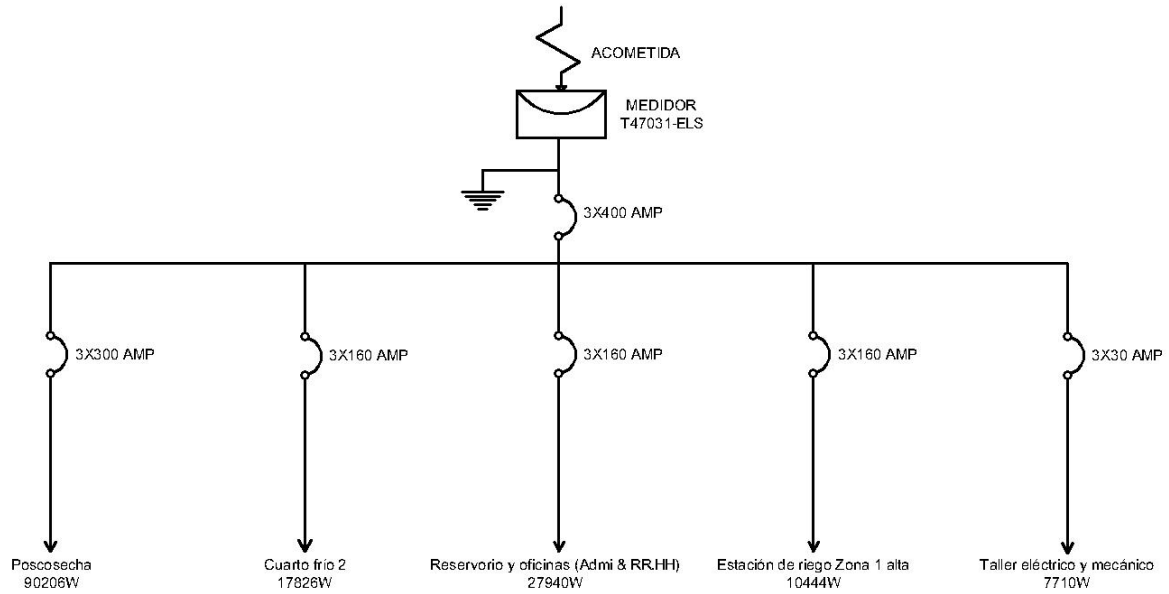


Fig. 2.8 Diagrama unifilar de las instalaciones del suministro 183439-8. Fuente: el autor

Además, con respecto a los sistemas de puesta a tierra se evidencia la existencia de estos en todas las instalaciones de la empresa como se muestra en la Figura 2.9.



Fig. 2.9. Sistema de puesta para los equipos de unidades condensadoras y poscosecha de Bella Rosa. Fuente: el autor

El sistema de puesta a tierra está conformado por cuatro varillas enterradas en un espacio de 2x2m y dispuestas en forma de cruz.

CAPÍTULO 3

Propuesta

3.1. Introducción

Terminado de haber realizado el diagnóstico del estado actual de las instalaciones, se procede a dar las soluciones técnicas respectivas a los problemas que se identificaron para mejorar la eficiencia eléctrica de empresa florícola Bella Rosa.

3.2. Desbalance de carga

En el capítulo anterior se ha llegado a determinar la existencia de desbalance de cargas en dos de los transformadores de estudio, en especial el transformador que alimenta el área de la zona 1 de Rose Connection que comprende las instalaciones de poscosecha y la estación de riego.

En la estación de riego se tiene solamente 2 bombas centrífugas de 20HP como cargas mientras que en poscosecha se tienen cargas que demandan una potencia elevada como son las unidades condensadores y motorreductores, por esto se deduce que el cuadro de cargas a balancear es el de esta instalación. En el anexo T se presenta la tabla de balanceo de cargas para poscosecha de Rose Connection, a continuación, se muestra un resumen de esta:

Tabla 3.1
Resumen de balanceo de cargas de poscosecha de Rose Connection

<i>Carga (Watts)</i>	<i>Factor de potencia</i>	<i>Corriente</i>	<i>I.T.D</i>	<i>Fase A</i>	<i>Fase B</i>	<i>Fase C</i>
68,043 W	0,92	308,16 A	3x350	23,079 W	23,215 W	23,870 W

Según la regulación vigente el desbalance no debe superar el 7%. (Suáres, 2019). Es así que se tiene la siguiente ecuación:

$$\%D = \frac{\text{carga mayor} - \text{carga menor}}{\text{carga mayor}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\%D = \frac{23,870 \text{ W} - 23,079 \text{ W}}{23,870 \text{ W}} \times 100\% = 3,43\%$$

Como se había mencionado anteriormente, la Fase C del transformador que alimenta a estas instalaciones está subcargada por lo que para el balanceo se procuró repartir la carga equitativamente entre las 3 fases y proponiendo un total de 24 circuitos, cada uno con su Interruptor termomagnético diferencial (I.T.D).

3.3. Conductores y protecciones

Las protecciones para los tableros generales de distribución de la empresa se encuentran bien calculadas, pero no así el calibre del conductor; para amperajes que pasan los 400 A se recomienda el calibre 700 MCM, en la siguiente tabla se presentan estos valores.

Tabla 3.2

Protecciones y calibres de conductores recomendados para los tableros generales de distribución

Tableros generales de distribución	Ubicación	Protección instalada	Potencia total registrada	Calibre del conductor instado	Máxima corriente registrada	Protección calculada	Calibre recomendado
T.G 1	Zona 1 alta – Bella Rosa	400 A	64412 W	1/0 AWG	367,7 A	400 A	700 MCM
T.G 2	Zona 1 – Rose Connection	400 A	36102 W	3/0 AWG	323,9 A	400 A	700 MCM
T.G 3	Estación de riego – Zona 2 Bella Rosa	400 A	14339 W	3/0 AWG	370,1	400 A	700 MCM
T.G 4	Estación de riego y fumigación – Zona 2 Rose Connection	300 A	12150 W	2/0 AWG	232,8	300 A	350 MCM

La mayoría de los subtableros de distribución de la empresa tienen sus protecciones principales y secundarias acorde al voltaje y corriente que se manejan, pero en el caso de dos subtableros de distribución pertenecientes a la Zona 1 alta de Bella Rosa se observa que no existen protecciones secundarias, estos subtableros son del cuarto frío 2 y taller mecánico y eléctrico respectivamente. Por lo anterior mencionado, se debe instalar protecciones secundarias en especial porque en dichas instalaciones existen equipos de unidades condensadoras que en caso de una falla pueden averiarse.

En la Tabla 2.7 se muestran las protecciones recomendadas para estos dos Subtablero de distribución.

Tabla 3.3

Protecciones y calibre de conductor recomendados para los subtableros 2 y 5 de la Zona 1 alta de Bella Rosa

Identificador	Ubicación	Voltaje nominal	Potencia total	Calibre del conductor instado	Corriente calculada	Protección recomendada	Calibre recomendado
SUB-TD 2	Cuarto frío	240	17826 W	8 AWG	82,53 A	100 A	4 AWG

SUB-TD 5	Taller eléctrico y mecánico	120	7710 W	8 AWG	71,34 A	100 A	4 AWG
-----------------	-----------------------------------	-----	--------	-------	---------	-------	-------

Para dimensionar el calibre y la protección de estos dos subtableros se utilizó la fórmula de la ecuación 2 como se muestra a continuación:

$$I = \frac{P}{Vx\cos\varphi} \quad (2)$$

Donde:

- I = corriente
- P=potencia activa
- V=cosφ

Tomando un factor de potencia igual a 0.9 se realiza el cálculo de la corriente, se toma como referencia el subtablero 2:

$$I = \frac{17826 W}{240Vx0,9}$$

$$I = 82,53 A$$

3.4. Sistema de puesta a tierra

En el diagnóstico del estado actual de las instalaciones se identificaron la existencia de sistemas de puesta a tierra en todas las instalaciones de la florícola, por lo que se supondría no hace falta diseñar una nuevo sistema de puesta a tierra, pero por lo determinado en el análisis de los eventos de voltaje del transformador de la Zona 1 de Rose Connection puede que el SPT (Sistema de puesta a tierra) de esta instalación esté fallando lo que validaría los eventos de elevaciones y caídas de voltaje repentinos.

Es así como, se llega a la conclusión de realizar un nuevo sistema de puesta a tierra para las instalaciones del transformador 16098 ABC 125kV que consistirá en la instalación de un electrodo de varilla simple puesto que resulta lo más conveniente por el poco espacio disponible.

- *Determinación del calibre del conductor*

El calibre del electrodo a instalar para el sistema de puesta a tierra se determina por medio de la norma NEC y la NTC2050 como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.4

Conductor de puesta a tierra en acometidas, alimentadores

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos Conduit, etc (A)	Sección transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre *	
	mm²	AWG o kcmil	mm²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,26	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	52,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1000	67,44	2/0	107,21	4/0
1200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1600	107,21	4/0	177,43	350 kcmil
2000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5000	354,69	700 kcmil	608,05	1.200 kcmil
6000	405,36	800 kcmil	608,04	1.200 kcmil

La norma específica que para determinar el calibre del conductor de puesta a tierra es necesario conocer el valor de la protección principal, por lo tanto, para un disyuntor de 400 A el calibre es 3 AWG.

- Resistencia del electrodo para puesta a tierra

Para determinar este factor se utiliza la fórmula desarrollada por Schwarz, correspondiente de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4l}{a} \right) - 1 \quad (3)$$

Donde:

P = resistividad del suelo

L=longitud de la varilla

a=radio de la varilla (Sinchi, 2017)

El tipo de suelo del cantón Pedro Moncayo donde se encuentra ubicada la florícola es arcilloso y según Proaño (2012) los suelos predominantes de arcilla tienen una resistividad media de 100 Ωm. Es de esta manera que se obtiene:

Tabla 3.5
Valores de resistencia del suelo calculada

Radio de la varilla (mm)	Longitud de la varilla (m)	Resistividad del terreno (Ωm)	Resistencia de puesta a tierra calculada (Ω)
12,7	2,4	100	37

Como se observa en la tabla anterior, el valor de la resistencia de puesta a tierra obtenida es de 37 Ω, esta resistencia no cumple con el límite máximo que debe tener de 5 Ω por lo que se concluye que el suelo necesita tratamiento químico para mejorar su resistividad y reducir la resistencia de puesta a tierra. Los métodos alternativos para reducir la resistencia de puesta a tierra comprenden desde utilizar mas electrodos, enterrarlos a mas profundidad, y hasta como se había mencionado utilizar productos químicos, en este caso es recomendable utilizar sales electrolíticas puesto que no hay mucho espacio para instalar mas electrodos.

3.5. Compensación de reactivos

En el anterior capítulo se determinó la existencia de un bajo factor de potencia en las instalaciones, por lo que es necesario corregir este factor de la siguiente manera.

Se tienen los siguientes datos para cada transformador:

Tabla 3.6
Datos necesarios para realizar la compensación de reactivos

Transformadores	Potencia promedio	Φ índice de carga	Fp mínimo	Fp proyectado
Trafo 16095 ABC	148,66 kW	113	0,85	0,95
Trafo 16098 ABC	77,02 kW	68	0,68	0,95
Trafo 1901 A	29 kW	44	0,56	0,95

Para encontrar el valor del banco de capacitores necesario para corregir el bajo factor de potencia se realiza el siguiente cálculo:

$$\tan(Q) = \frac{Q}{P} \quad (4)$$

$$Q1 = P \cdot \tan(Q1) \quad (5)$$

$$Q1 = 29kW \cdot \tan(44)$$

$$Q1 = 28kVAr$$

$$Q2 = 29 \cdot \tan(18,19)$$

$$Q2 = 9.53kVAr$$

Entonces el valor del banco de capacitores para el transformador 1901 A sería igual:

$$Qc = Q1 - Q2 \quad (6)$$

$$Q1 = 28 - 9,53 = 18,47kVAr$$

Para los otros transformadores se tendrían los valores que se muestran en la tabla 2.11.

Tabla 3.7

Resumen de los valores Qc

Transformadores	Qc
Trafo 16095 ABC	110 kVAr
Trafo 16098 ABC	165,33 kVAr
Trafo 1901 A	18,47 kVAr

3.6. Viabilidad económica

Una vez propuesto las soluciones técnicas a los problemas encontrados en el capítulo 2 es necesario realizar una valoración económica de la implementación de dichas recomendaciones.

Balanceo de carga de las instalaciones de poscosecha de Rose Connection

Tabla 3.8

Materiales y precios para la instalación del centro de carga

Producto	Cantidad	Precio Unitario \$	Total \$
Centro de carga de 27 espacios	1	550	550
I.T.M 1x16 A	5	5,54	27,7
I.T.M 3x32 A	3	7,50	22,5

I.T.M 3x40 A	13	10.00	130
I.T.M 3x50 A	1	10.00	10
Rollo de 100m Cable 8 AWG TW	1	460	450
Rollo de 100m Cable 6 AWG THHN	1	440	440
		Inversión	\$1630,5

La inversión para la instalación del nuevo centro de cargas ronda no es tan elevada si se lo compara con los beneficios que esta trae. En general, la inversión para las recomendaciones técnicas que se han propuesto no es de gran magnitud, salvo la instalación de los bancos de capacitores.

Conclusiones

- ✚ A través de la realización de la auditoría eléctrica en la empresa Bella Rosa se evidenció los problemas eléctricos que en esta se tiene, lo ineficiente que son algunas de las instalaciones y como repercuten en el proceso productivo de la misma.
- ✚ En la etapa de toma de mediciones eléctricas se pudo constatar que las instalaciones presentan características similares tanto de equipos de protección como de cargas conectadas a ellas, lo que infiere una buena organización del personal técnico, aunque hay ligeras excepciones como es el caso de las instalaciones de la estación de riego ubicada en la zona 1 alta de Bella Rosa que presentaban pequeñas irregularidades con respecto a la ubicación de las protecciones que de las bombas centrífugas.
- ✚ Al realizar el levantamiento de los equipos eléctricos distribuidos por la empresa se determinó que algunos de estos se encontraban ya muy deteriorados más que todo por la cantidad considerable de años que llevaban ya funcionando y no por las condiciones del ambiente donde estaba instalados.
- ✚ Por medio del análisis de las mediciones eléctricas se logró identificar que las cargas de las instalaciones se encontraban desbalanceadas como es el caso en las instalaciones de la zona 1 de Rose Connection, se evidenció que las fases A y B estaban sobrecargadas y la fase C por el contrario casi no tenía carga.
- ✚ Se propusieron soluciones técnicas para los problemas encontrados en las instalaciones eléctricas de la florícola, haciendo énfasis en la realidad de la empresa y las posibles limitaciones que puede esta tener al momento de intentar implementarlas.

Recomendaciones

- ✚ Se recomienda que el personal técnico de mantenimiento de la empresa lleve un registro de las nuevas instalaciones que se realicen y nuevos equipos que se van a instalar como pueden ser bombas centrífugas a fin de poder identificar con mayor eficiencia los posibles problemas eléctricos que se presenten.
- ✚ Si se opta por instalar el banco de capacitores propuesto es recomendable que este no sea permanente sino se active únicamente en las horas de mayor consumo que son de 7:00am a 16:00 para evitar inyección de reactivos no deseados.
- ✚ En vista que la planta de preservados ubicada en la zona 2 de Bella Rosa actualmente no se encuentra habilitada, el transformador que alimenta a esta instalación está sobredimensionado por lo que se debería utilizar este para alimentar a más cargas de acuerdo con la necesidad.
- ✚ Se debería sustituir algunas unidades condensadoras del cuarto frío de Bella Rosa porque estas se encuentran ya muy deterioradas y trabajando a un valor mayor de su capacidad, además, están discontinuadas como es el caso de las unidades marca Luvata es decir se vuelve ya muy difícil darles mantenimiento.

Referencias

- ARCERNNR. (13 de noviembre de 2020). *REGULACIÓN No. ARCERNNR- 002/20*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables: www.controlrecursosyenergia.gob.ec
- ARCERNNR. (2021). *Panorama Eléctrico*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables: www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/2da-Edicion-Panorama.pdf
- ARCERNNR. (2021). *Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables: www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/Anexo_1_pliego_tarifario_spee_2021.pdf
- Arellano, O. G. (2015). Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del Hospital IESS - Ibarra. (*Tesis de Grado Maestría*). Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2019, 19 de marzo). *Ley Orgánica de Eficiencia Energética*. Registro oficial Órgano del Gobierno del Ecuador. Obtenido de www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf
- Autonell, J., Balcells, J., & Barra, V. (2012). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*. Barcelona: MARCOMBO.
- Benavides, L. (2011). Gestión, liderazgo y valores en la administración de la unidad educativa "San Juan de Bucay". (*Tesis de grado*). Universidad Técnica Particular de Loja, Guayaquil.
- Campoverde, D., & Sánchez, J. (2012). Determinación de la demanda en transformadores, para los servicios de comercialización en base a los usos de energía, en la Empresa Eléctrica Regional Centrosur. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- CEPAL. (2016). *Programa BIEE. Base de Indicadores de Eficiencia Energética*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/proyectos/programa-biee-base-de-indicadores-de-eficiencia-energetica>
- CS, I. (12 de marzo de 2018). *La importancia de la eficiencia energética en el sector industrial*. Obtenido de CS Instruments : www.cs-instruments.com/es/news/d/la-importancia-de-la-eficiencia-energetica-en-el-sector-industrial/
- ELSPEC. (2020). *¿Qué son voltage Sags (Dips) y Swells?* Obtenido de Elspec: Power Quality Solutions and meters: www.elspec-ltd.com/que-son-las-caidas-de-tension-dips-y-swells/?lang=es
- Estacio, H. (2005). Estudio de uso eficiente de energía eléctrica en la florícola Pontetresa. (*Tesis de ingeniería*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Figueroa, E. A. (2015). Auditoría energética de los edificios administrativo y docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para

- disminuir el consumo de energía eléctrica. (*Tesis de ingeniería*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Getu, B., & Beza, H. (2016). Electricity audit and reduction of consumption: Campus case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4423-4427.
- Luna, L. (2012). Caracterización de una empresa de servicios energéticos caso práctico: comercio. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.
- Materán, M. (2018). Eficiencia energética en refinerías de petróleo. *enerLAC*, 2, 73.
- NEC. (18 de agosto de 2017). *Como calcular el conductor de puesta a tierra de acometidas, alimentadores y ramales*. Obtenido de Electricaplicada: www.electricaplicada.com/calcular-conductor-puesta-tierra-acometidas-alimentadores-ramales/
- Oyelaran, O., Twada, Y., & Sanusi, O. (2016). Energy Audit of an Industry: A Case Study of Fabrication Company. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 5(2), 45-53.
- Peláez, M., & Espinoza, J. (2015). Eficiencia energética y ahorro de energía en el Ecuador. *Energías Renovables en el Ecuador*, 1, 212-255.
- Proaño, S. (2012). Software para el análisis y diseño de sistemas optimizados de puestas a tierra para líneas de transmisión de 500kV, aplicado al proyecto COCA-INGA. (*Tesis de Ingeniería*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- RPP, N. (14 de Noviembre de 2018). *¿Qué es la eficiencia energética y por qué es importante para el medio ambiente?* Obtenido de RPP Noticias: <https://rpp.pe/campanas/contenido-patrocinado/que-significa-la-eficiencia-energetica-y-por-que-es-importante-para-el-medio-ambiente-noticia-1154539?ref=rpp#>
- Sánchez, A., & Vayas, T. (2020). *Sector FLorícola Ecuador*. Obtenido de REDCEDIA: <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/06/Diagn%C3%B3stico-sector-flor%C3%ADcola-Ecuador.pdf>
- Sanz, L. (2017). Sistema de gestión de la energía en una planta de amoníaco. (*Proyecto fin de Carrera*). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Serra, J. (2009). *Guía Técnica de Eficiencia Energética ELéctrica*. Obtenido de Circutor: www.circutor.com/docs/GUIA_EEE_SP-LR.pdf
- Sinchi, F. (2017). Diseño y determinación de sistemas de puesta a tierra mediante pruebas de campo con elementos comunes utilizados en la región, incluyendo GEM y Electrodo químico. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- STEEEP. (2015). *Eficiencia Energética, Introducción para la empresa*. Obtenido de Cámara de Comercio de España: www.camara.es/sites/default/files/generico/steep_training_material_for_smes_spanish_0.pdf
- Suárez, J. (8 de mayo de 2019). Estudio para el balanceo de la carga del alimentador Anconcito de 13.8kV ubicado en el cantón Salinas provincia de Santa Elena. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de www.iguerrero.wordpress.com/2009/05/08/anteproyectos-de-instal-electricas-3/

- Tandon, A. (2012). Energy Audit & Management. *International Journal of Latest Technology in Engineering Management & Applied Science*, 1.
- UNE-EN. (2011). *Sistemas de gestión de energía (UNE-EN-ISO 50001)*. Obtenido de Eficienergética: <http://eficienergética.com/sistemas-de-gestion-de-energia>
- Valverde, A. (2005). Implementación del sistema de control de demanda eléctrica a partir de la demanda predictiva de un medidor ION8500. (*Proyecto de Graduación*). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Vintimilla, E., & Paladines, P. (2012). Auditoria Eléctrica a la Fábrica de Cartones Nacionales Cartopel. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.

Anexos

Anexo A: Consumo y facturación eléctrica de Bella Rosa en el año 2019

Meses	N° Trafo	Suministro	Tarifa	Consumo potencia activa (kWh)	Consumo potencia reactiva (kVArh)	FP	Demanda facturada (kW)	Valor factura (\$)	Penalización FP
Enero	1	217629-7	312	26.629	9.965	0.94	50	2.203,04	0
	2	217628-9	312	19.176	3.621	0.98	35	1.535,22	0
	3	183439-8	933	64.056	38.760	0.86	141	5.555,89	0
	4	228033-7	933	44.554	9.466	0.98	125	3.732,67	0
	5	232966-2	933	4.080	612	0.99	29	494,65	0
	6	403891-6	933	10.201	571	1.00	30	978,27	0
	7	200761- 4	933	7.099	979	0.99	31	721,84	0
Febrero	1	217629-7	312	22.450	5.364	0.97	50	1.673,52	0
	2	217628-9	312	16.779	3.111	0.98	35	1.219,38	0
	3	183439-8	933	51.612	29.886	0.87	135	4.536,78	0
	4	228033-7	933	39.249	8.568	0.98	122	3.361,35	0
	5	232966-2	933	3.060	510	0.99	24	388,77	0
	6	403891-6	933	6.773	571	1.00	30	715,27	0
	7	200761- 4	933	3.672	408	0.99	35	463,70	0
Marzo	1	217629-7	312	14.097	8.391	0.86	50	1.249,60	0.07
	2	217628-9	312	14.637	2.907	0.98	34	1.086,70	0
	3	183439-8	933	46.818	28.152	0.86	120	4.157,07	0
	4	228033-7	933	36.067	7.834	0.98	117	3.046,60	0
	5	232966-2	933	4.488	561	0.99	29	510,76	0
	6	403891-6	933	15.668	5.712	0.97	114	1.575,53	0
	7	200761- 4	933	5.957	734	0.99	31	611,64	0
Abril	1	217629-7	312	6.639	2.446	0.94	50	750,84	0
	2	217628-9	312	11.118	2.448	0.98	34	887,79	0
	3	183439-8	933	54.468	32.232	0.86	150	4.852,85	0
	4	228033-7	933	40.718	9.139	0.98	114	3.412,20	0
	5	232966-2	933	3.876	357	1.00	20	458,40	0
	6	403891-6	933	26.521	11.261	0.92	116	2.347,98	0
	7	200761- 4	933	5.956	734	0.99	30	606,97	0
Mayo	1	217629-7	312	13.475	5.034	0.94	50	1.254,61	0
	2	217628-9	312	12.495	2.346	0.98	37	1.032,83	0
	3	183439-8	933	46.410	27.540	0.86	139	4.107,29	0
	4	228033-7	933	35.904	7.344	0.98	111	3.034,58	0
	5	232966-2	933	1.479	357	0.97	19	237,01	0
	6	403891-6	933	23.583	10.282	0.92	106	2.101,51	0
	7	200761- 4	933	4.570	408	1.00	29	500,31	0
Junio	1	217629-7	312	7.057	2.639	0.94	50	792,29	0
	2	217628-9	312	9.639	1.830	0.98	35	837,97	0
	3	183439-8	933	41.004	24.684	0.86	124	3.637,11	0
	4	228033-7	933	33.129	6.446	0.98	119	2.818,73	0

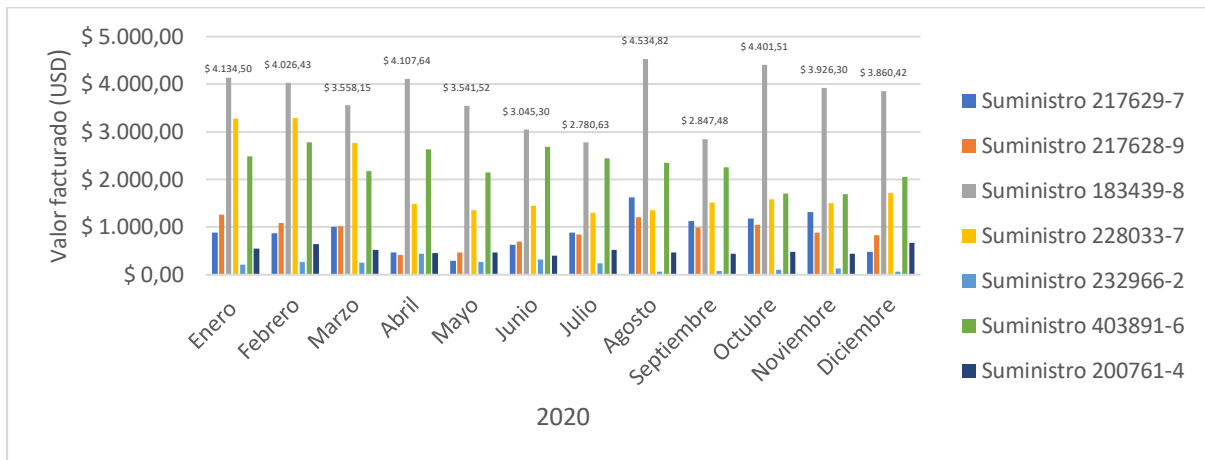
	5	232966-2	933	1.122	204	0.98	19	218,33	0
	6	403891-6	933	22.848	10.445	0.91	121	2.105,99	0.05
	7	200761- 4	933	5.467	653	0.99	33	571,57	0
Julio	1	217629-7	312	33.145	12.338	0.94	50	2.620,21	0
	2	217628-9	312	17.952	3.519	0.98	34	1.420,75	0
	3	183439-8	933	56.814	33.456	0.86	149	4.955,68	0
	4	228033-7	933	38.026	76.70	0.98	124	3.207,42	0
	5	232966-2	933	765	306	0.93	19	149,20	0
	6	403891-6	933	27.662	12.403	0.91	121	2.527,10	0.05
	7	200761- 4	933	4.406	408	1.00	29	480,62	0.06
Agosto	1	217629-7	312	27.092	9.962	0.94	50	2.225,97	0
	2	217628-9	312	18.258	4.131	0.98	35	1.461,64	0
	3	183439-8	933	45.288	26.316	0.86	124	4.006,16	0
	4	228033-7	933	35.822	7.099	0.98	121	3.025,03	0
	5	232966-2	933	714	357	0.89	19	155	0
	6	403891-6	933	23.909	10.526	0.92	121	2.265,71	0.05
	7	200761- 4	933	4.896	490	1.00	21	497,27	0.06
Septiembre	1	217629-7	312	29.342	10.824	0.94	50	2.367,61	0
	2	217628-9	312	19.686	3.723	0.98	37	1.556,25	0
	3	183439-8	933	53.754	31.314	0.86	142	4.712,75	0
	4	228033-7	933	39.902	8.650	0.98	123	3.366,76	0
	5	232966-2	933	1.071	459	0.92	18	177,57	0
	6	403891-6	933	30.599	14.362	0.91	122	2.738,56	0.05
	7	200761- 4	933	4.569	408	1.00	21	496,48	0.06
Octubre	1	217629-7	312	19.331	7.172	0.94	50	1.682,48	0
	2	217628-9	312	19.788	3.315	0.99	40	1.539,26	0
	3	183439-8	933	46.818	27.336	0.86	144	4.146,85	0
	4	228033-7	933	36.720	8.894	0.97	111	3.074,46	0
	5	232966-2	933	2.550	408	0.99	25	355,69	0
	6	403891-6	933	26.846	11.179	0.92	124	2.389,15	0.05
	7	200761- 4	933	4.978	1.306	0.97	28	528,04	0.06
Noviembre	1	217629-7	312	1.887	684	0.94	50	442,26	0
	2	217628-9	312	9.843	2.244	0.97	38	871,19	0
	3	183439-8	933	44.574	26.622	0.86	131	3.994,15	0
	4	228033-7	933	35.415	10.282	0.96	115	2.993,11	0
	5	232966-2	933	6.171	561	1.00	26	671,11	0
	6	403891-6	933	28.805	12.258	0.92	130	2.550,36	0.05
	7	200761- 4	933	6.446	2.856	0.91	29	641,87	0.06
Diciembre	1	217629-7	312	6.644	3.364	0.89	50	796,74	0
	2	217628-9	312	16.575	3.366	0.98	39	1.374,90	0
	3	183439-8	933	45.288	20.502	0.91	133	3.791,56	0
	4	228033-7	933	37.210	11.506	0.96	111	3.189,94	0
	5	232966-2	933	1.734	357	0.98	18	261,51	0
	6	403891-6	933	26.846	10.690	0.93	131	2.413,79	0.05
	7	200761- 4	933	6.527	2.938	0.91	30	651,11	0.06

Anexo B: Consumo y facturación eléctrica de Bella Rosa en el año 2020

Meses	N° Trafo	Suministro	Tarifa	Consumo potencia activa (kWh)	Consumo potencia reactiva (kVArh)	FP	Demanda facturada (kW)	Valor factura (\$)	Penalización FP
Enero	1	217629-7	312	8.145	2.915	0.94	50	881,56	0
	2	217628-9	312	15.657	3.060	0.98	35	1.261,89	0
	3	183439-8	933	49.164	19.074	0.93	138	4.134,50	0
	4	228033-7	933	38.598	9.792	0.97	118	3.272,70	0
	5	232966-2	933	1.173	459	0.93	17	217,01	0
	6	403891-6	933	27.754	12.007	0.92	134	2.484,52	0.05
	7	200761- 4	933	5.222	2.448	0.91	27	547,29	0.06
Febrero	1	217629-7	312	7.698	2.752	0.94	50	872,04	0
	2	217628-9	312	13.158	2.805	0.98	35	1.088,58	0
	3	183439-8	933	48.858	20.196	0.92	131	4.026,43	0
	4	228033-7	933	39.087	9.547	0.97	113	3.290,32	0
	5	232966-2	933	1.479	255	0.99	27	260,79	0
	6	403891-6	933	29.774	12.636	0.92	122	2.775,36	0.05
	7	200761- 4	933	6.119	2.938	0.90	29	647,58	0.06
Marzo	1	217629-7	312	10.265	3.893	0.94	51	1.009,51	0
	2	217628-9	312	12.699	2.499	0.98	35	1.021,82	0
	3	183439-8	933	41.207	19.992	0.90	131	3.558,15	0
	4	228033-7	933	32.435	8.396	0.97	113	2.767,29	0
	5	232966-2	933	1.479	255	0.99	20	250	0
	6	403891-6	933	23.982	10.280	0.92	122	2.175,68	0.05
	7	200761- 4	933	4.859	1.862	0.93	27	521,92	0.06
Abril	1	217629-7	312	3.127	1.088	0.94	50.15	467,71	0
	2	217628-9	312	3.060	918	0.96	37	418,40	0
	3	183439-8	933	40.597	33.966	0.77	115	4.107,64	0
	4	228033-7	933	16.768	988	1.00	74	1.490,27	0
	5	232966-2	933	3.315	153	1.00	25	439,51	0
	6	403891-6	933	30.201	13.956	0.91	127	2.632,98	0.05
	7	200761- 4	933	3.627	2.218	0.85	27	459,92	0.06
Mayo	1	217629-7	312	1.065	411,00	0.93	50	292,94	0
	2	217628-9	312	3.876	1.122	0.96	36	461,83	0
	3	183439-8	933	38.964	25.296	0.84	115	3.541,52	0
	4	228033-7	933	14.852	408	1.00	74	1.358,52	0
	5	232966-2	933	1.683	102	1.00	16	269,85	0
	6	403891-6	933	22.359	11.914	0.88	122	2.153,91	0.05
	7	200761- 4	933	3.917	2.040	0.89	26	462,09	0.06
Junio	1	217629-7	312	4.383	1.788	0.93	50	625,33	0
	2	217628-9	312	7.497	1.683	0.98	37	697,88	0
	3	183439-8	933	34.476	21.318	0.85	99	3.045,30	0
	4	228033-7	933	16.320	163	1.00	74	1.455,90	0
	5	232966-2	933	2.193	204	1.00	16	325,55	0
	6	403891-6	933	29.784	15.014	0.89	136	2.690,34	0.05

	7	200761- 4	933	3.345	1.877	0.87	19	398,51	0.06
Julio	1	217629-7	312	8.932	3.830	0.92	50	890,62	0
	2	217628-9	312	9.792	2.346	0.97	37	843,23	0
	3	183439-8	933	30.600	18.666	0.85	108	2.780,63	0
	4	228033-7	933	14.035	163	1.00	74	1.304,43	0
	5	232966-2	933	1.173	255	0.98	16	233,68	0
	6	403891-6	933	26.521	14.035	0.88	118	2.440,37	0.05
	7	200761- 4	933	4.733	2.285	0.90	28	525,25	0.06
Agosto	1	217629-7	312	19.554	8.031	0.93	50	1.623,46	0
	2	217628-9	312	15.198	3.876	0.97	37	1.208,25	0
	3	183439-8	933	55.080	33.864	0.85	138	4.534,82	0
	4	228033-7	933	19.094	326	1.00	74	1.356,26	0
	5	232966-2	933	306	0	1.00	16	60,98	0
	6	403891-6	933	26.438	13.546	0.89	125	2.350,34	0.05
	7	200761- 4	933	3.999	2.122	0.88	30	466,19	0.06
Septiembre	1	217629-7	312	11.997	4.800	0.93	50	1.133,42	0
	2	217628-9	312	11.832	3.213	0.97	36	990,02	0
	3	183439-8	933	50.184	30.906	0.85	125	2.847,48	0
	4	228033-7	933	17.299	408	1.00	71	1.514,82	0
	5	232966-2	933	0	51	1.00	16	81,16	0
	6	403891-6	933	26.602	12.322	0.91	114	2.262,29	0.05
	7	200761- 4	933	4.570	2.122	0.91	28	441,42	0.06
Octubre	1	217629-7	312	13.041	5.150	0.93	49	1.177,21	0
	2	217628-9	312	13.107	3.315	0.97	33	1.047,78	0
	3	183439-8	933	49.062	29.886	0.85	103	4.401,51	0
	4	228033-7	933	18.360	245	1.00	71	1.586,71	0
	5	232966-2	933	0	0	1.00	16	111,82	0
	6	403891-6	933	16.484	8.894	0.88	98	1.703,23	0.05
	7	200761- 4	933	3.836	2.285	0.86	28	475,38	0.06
Noviembre	1	217629-7	312	15.979	6.459	0.93	50	1.311,35	0
	2	217628-9	312	11.016	2.601	0.97	38	891,60	0
	3	183439-8	933	46.614	28.560	0.85	130	3.926,30	0.08
	4	228033-7	933	16.565	163	1.00	71	1.503,34	0
	5	232966-2	933	561	51	1.00	16	127,13	0
	6	403891-6	933	17.299	8.650	0.89	105	1.696,48	0.05
	7	200761- 4	933	3.672	2.122	0.87	23	441,93	0.06
Diciembre	1	217629-7	312	2.882	1.087	0.94	50	479,42	0
	2	217628-9	312	10.404	2.499	0.97	39	828,46	0
	3	183439-8	933	44.880	28.050	0.85	127	3.860,42	0.08
	4	228033-7	933	19.911	1.224	1.00	111	1.714,16	0
	5	232966-2	933	204	0	1.00	9	63,58	0
	6	403891-6	933	21.134	11.016	0.89	106	2.049,89	0.05
	7	200761- 4	933	6.120	3.427	0.87	29	673,98	0.06

Anexo C: Gráfico del comportamiento del valor facturado de cada suministro en el año 2020. Fuente: el autor



Anexo D: Cargos tarifarios únicos.

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
NIVEL VOLTAJE	BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA		
	COMERCIALES		1,414
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,090	
22:00 hasta 08:00 horas		0,072	
	INDUSTRIALES		
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,065	
22:00 hasta 08:00 horas		0,069	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,080	
22:00 hasta 08:00 horas		0,066	
	BOMBEO AGUA		
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,070	
22:00 hasta 08:00 horas		0,056	

Fuente: Pliego tarifario SPEE, 2021.

Anexo E: Carga instalada en el suministro 228033-7 (Zona 1 - Rose Connection)

Identificación	Área	Cargas	Potencia (W)	Cantidad	Carga total en W
SUB-TD 1	Poscosecha	Unidades condensadoras de 7HP	5222	1	5222
		Unidades condensadoras de 5HP	3730	13	48490
		Unidades condensadoras de 3HP	2238	1	2238
		Motorreductores teleférico	2238	2	4476
		Motor banda transportada	1865	1	1865
		Lámparas LED	72	57	4104
		Evaporadores de 3 ventiladores	90	8	720
		Evaporadores de 4 ventiladores	120	3	360
		Evaporadores de 5 ventiladores	200	2	400
		Evaporadores de 6 ventiladores	240	1	240
SUB-TD 2	Estación de riego – Zona 1 Rose Connection	Ordenador de escritorio	350	1	350
		Bomba centrífuga con VDF	14920	2	29840
Total					98305

Anexo F: Equipos eléctricos y electrónicos conectados al suministro 228033-7

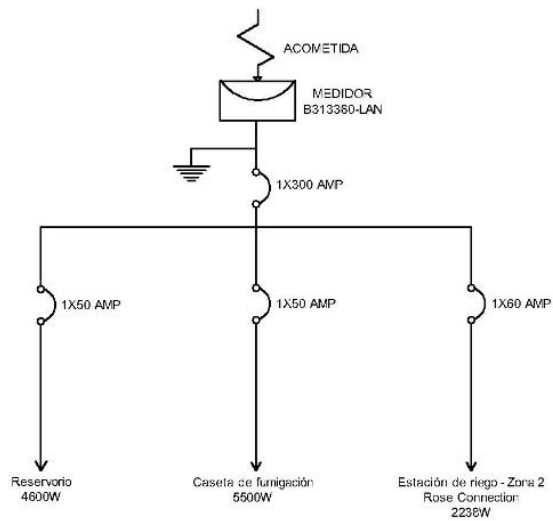
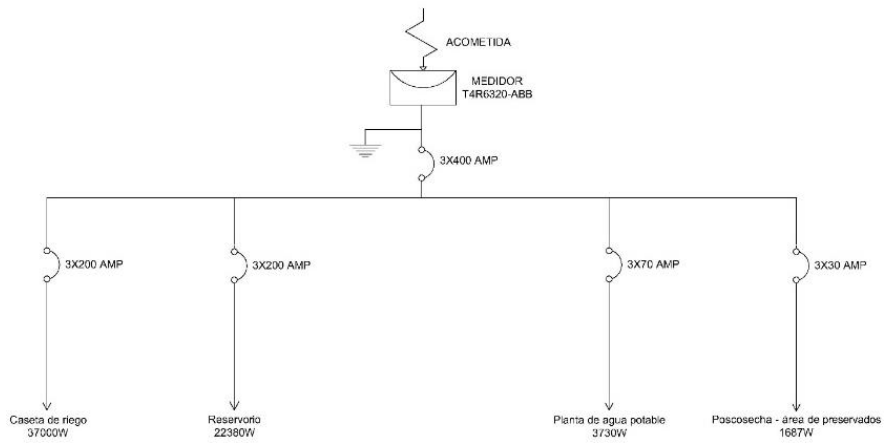
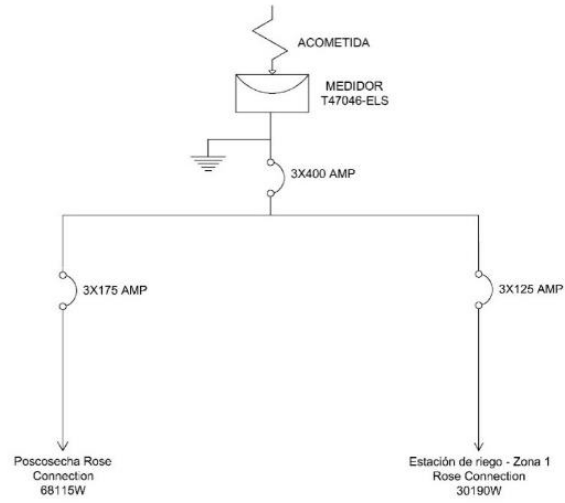
Equipo descripción	Cantidad	Voltaje	Amperaje	Fases	Potencia HP/W	Tamaño de cable (AWG)	Observaciones
Unidad condensadora Tecumseh	1	220	RLA 20	3	7/5222	3x8	
Unidad condensadora TECUMSEH	6	230	14,2	3	5/3730	3x8	
Unidad condensadora SMEN	4	220	22.88	3	5/3730	3x8	
Unidad condensadora Zanotti	3	220	16,2	3	5/3730	3x12	Una de las unidades presenta recalentamiento
Unidad condensadora Copeland	1	230	9,73	3	3/2238	3x8	
Evaporadores de 3 ventiladores	8	110	0,5	3	/90	3x14	
Evaporadores de 4 ventiladores	3	110	0,6	3	/120	3x14	
Evaporadores de 5 ventiladores	2	220	0,8	3	/200	3x14	Presentan fugas
Evaporadores de 6 ventiladores	1	220	0,9	3	/240	3x14	
Motorreductores WEG	2	220	12.9	3	3/2238	3x12	
Motor	1	220	11,8	3	2,5/1865	3x12	
Bomba centrífuga Marathon Electric	2	230	52,6	3	20/15000	3x6	
Variador de frecuencia Delta C2000	1	220	68	3	20/15000	3x14	
Variador de frecuencia Delta VFD-B	1	220	68	3	20/15000	3x14	Se recomienda cambiar el calibre de conductor a 18 AWG

**ANEXO G: Características de los tableros de distribución y control del suministro
228033-7**

Área	Protección principal		Protección secundaria		Calibre del conductor	Tipo de aislamiento
	Corriente nominal (In)	Denominación	Corriente nominal (In)	Denominación		
Alimentación principal	400 A	Disyuntor ABN 403C	200 A	Disyuntor ABN 203C	3/0 AWG	TTU
Postcosecha	175 A	Interruptor automático EZC250N			1/0 AWG	THHN
Estación de riego - Zona 1 Rose Connection	125 A	Breaker 3x125 Industrial Eaton Cutler-hammer Fi225 125 A			3/0 AWG	THHN

Identificador	Protección		Características
TC-1	Nombre del dispositivo	Camsco C60N	Barras distribuidoras 4x15. Relés térmicos TH40DACO de RANGO (AMP) 18-26 A. Contactor Edison E40A3P220 Relé Camsco de Protección de Tensión VP-002.
	Tipo de componente	Interruptor en miniatura	
	Número de polos	3	
	Corriente nominal (In)	32 A	
	Tensión nominal	400 V AC	
TC-2	Nombre del dispositivo	ComPact NSX160F	Breakers Schneider Easy9 3 Polos y 2 polos. Contactores LS ELECTRIC - MC-40A-230VAC. Relés térmicos TH40DACO de RANGO (AMP) 18-26 A. Temporizadores.
	Tipo de componente	Interruptor automático	
	Número de polos	3	
	Corriente nominal (In)	160 A en 40 °C	
	Tensión nominal	690 V AC	
TC-3	Nombre del dispositivo	TQC G.E	Breaker de 30 A. Módulo lógico Schneider Electric Zelio Logic, 120 V ac, 240 V ac. Contactores LS ELECTRIC - MC-40A-230VAC. Relés térmicos TH40. Interruptor magnetotérmico DomA42 2P C 20 A.

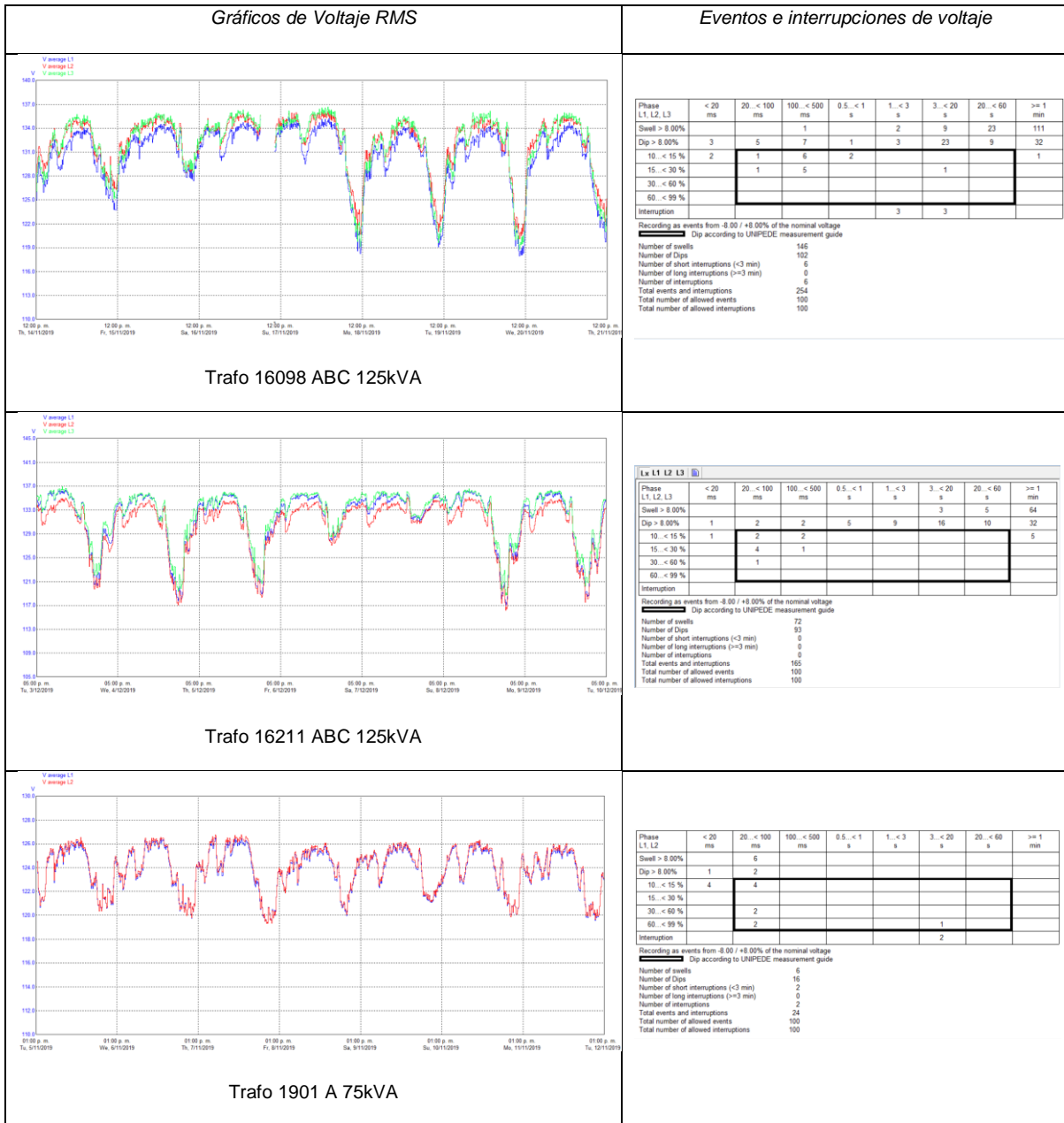
Anexo H: Diagramas unifilares de las instalaciones de la florícola Zona 1 y 2 Rose Connection y zona 2 Bella Rosa.



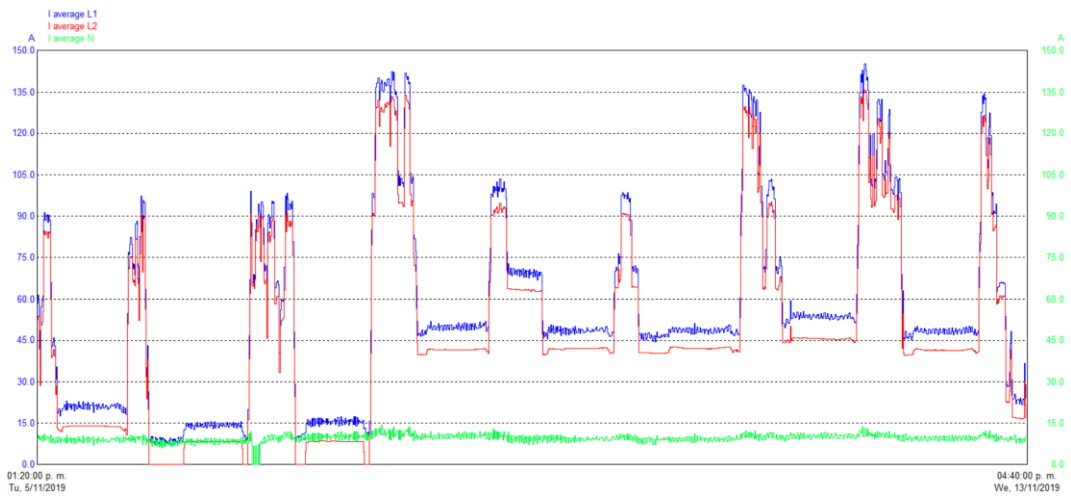
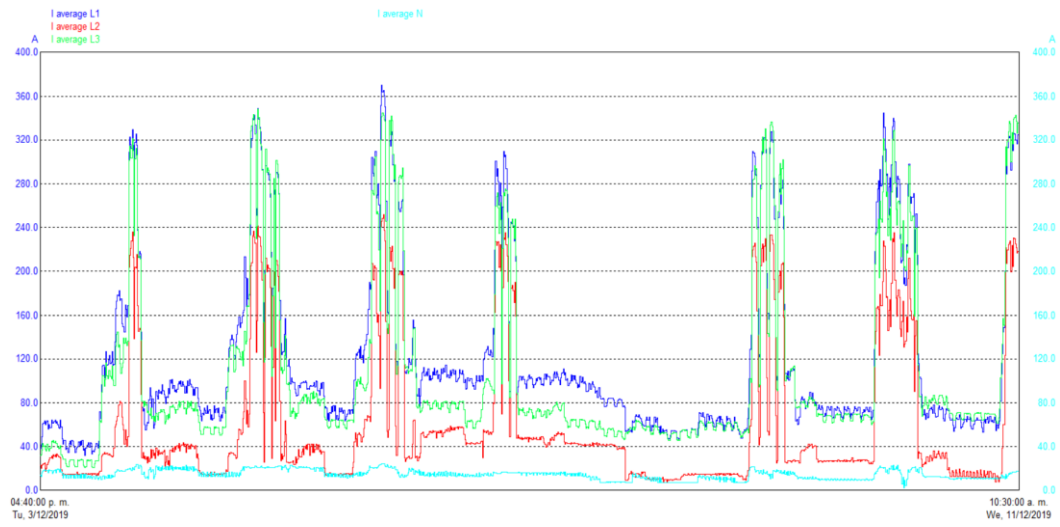
Anexo I: Niveles de voltajes en los transformadores

Transformador 16098 ABC 125kVA Suministro 228033-7				Transformador 16211 ABC 125kVA Suministro 403891-6			Transformador 1901 A 75kVA Suministro 200761-4	
Voltaje	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B
Voltaje mínimo	117,94	120,11	118,18	117,03	116,18	118,69	119,33	119,32
Voltaje máximo	135,36	136,25	136,67	136,42	135,11	136,93	126,5	126,75
Voltaje promedio	130,61	132,07	131,97	131,67	130,52	132,4	119,32	123,97
Voltaje nominal	127	127	127	127	127	127	120	120
Porcentaje de mediciones fuera del rango	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

ANEXO J: Voltaje RMS y eventos e interrupciones de voltaje en los transformadores.



Anexo K: Intensidades de corriente RMS en los transformadores 15211 ABC y 1901 A



Anexo L: Balanceo en centro de cargas poscosecha Rose Connection

Cargas	Lámparas LED	Motor 1Φ	Motorreductor 3Φ	Unidades condensadoras	Unidades condensadoras	Unidades condensadoras	Evaporadores	Evaporadores	Evaporadores	Evaporadores	Carga (Watts)	Factor de potencia	Corriente	I.T.M	Fases		
Potencia	72W	1,865W	2,238W	2,238W	3,730W	5,222W	90W	120W	200W	240W					Fase A	Fase B	Fase C
Voltaje V	120	240	240	240	240	240	240	240	240	240							
C1	19										1,368 W	0,92	6,19 A	1x16			1,368 W
C2	10										720 W	0,92	3,26 A	1x16		720 W	
C3	28										1,944 W	0,92	8,8 A	1x16	1,944 W		
C4		1									1,865 W	0,92	8,26 A	1x16			1,865 W
C5			1								2,238 W	0,92	10,13 A	3x32	1,119 W	1,119 W	
C6			1								2,238 W	0,92	10,13 A	3x32	746 W	746 W	746 W
C7				1							2,238 W	0,92	10,13 A	3x32	746 W	746 W	746 W
C8					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40	1,243 W	1,243 W	1,243 W
C9					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40		1,865 W	1,865 W
C10					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40	1,243 W	1,243 W	1,243 W
C11					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40	1,865 W		1,865 W
C12					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40	1,865 W	1,865 W	
C13					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40		1,865 W	1,865 W
C14					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40	1,865 W	1,865 W	
C15					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40		1,865 W	1,865 W
C15					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40	1,865 W		1,865 W
C17					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40	1,865 W		1,865 W
C18					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40	1,243 W	1,243 W	1,243 W
C19					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40	1,243 W	1,243 W	1,243 W
C20					1						3,730 W	0,92	16,89 A	3x40	1,243 W	1,243 W	1,243 W
C21						1					5,222 W	0,92	23,65 A	3x50	1740,66 W	1740,66 W	1740,66 W
C22							8				720 W	0,92	3,26 A	3x16		720 W	
C23								3			360 W	0,92	1,63 A	3x16		360 W	
C24									2	1	640 W	0,92	2,9 A	3x16		640 W	

Total											68,043 W	0,92	308,16 A	3x350	23,079 W	23,215 W	23,870 W
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	------	----------	-------	----------	----------	----------

$$Desbalance = \frac{23,870 W - 23,079 W}{23,870 W} \times 100\% = 3.43\%$$

ANEXO M: Fórmulas para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra

TABLA I. FORMULAS PARA EL CALCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA [1]

☉	Hemisphere radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
•	One ground rod length L , radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
••	Two ground rods $s > L$; spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \right)$
••	Two ground rods $s < L$; spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$
—	Buried horizontal wire length $2L$, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$
└	Right-angle turn of wire length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1035 \frac{s^2}{L^2} - 0.0424 \frac{s^4}{L^4} \right)$
⋈	Three-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^2}{L^2} - 0.054 \frac{s^4}{L^4} \right)$
+	Four-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^2} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \right)$
✳	Six-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 6.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^2}{L^2} - 0.490 \frac{s^4}{L^4} \right)$
✳	Eight-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 10.98 - 5.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^2}{L^2} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \right)$
○	Ring of wire diameter of ring D , diameter of wire d , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left(\ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{4D}{s} \right)$
—	Buried horizontal strip length $2L$, section a by b , depth $s/2$, $b < a/8$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - ab}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$
⊗	Buried horizontal round plate radius a , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{7}{12} \frac{a^2}{s^2} + \frac{33}{40} \frac{a^4}{s^4} \dots \right)$
⊗	Buried vertical round plate radius a , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 + \frac{7}{24} \frac{a^2}{s^2} + \frac{99}{320} \frac{a^4}{s^4} \dots \right)$

Fuente: S. Freddy M. Sinchi