

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERIA

OPTIMIZACION DE CARGA Y RECURSOS ELÉCTRICOS  
PROPIOS PARA GRANJAS FLORÍCOLAS DEL CANTÓN  
CAYAMBE.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO

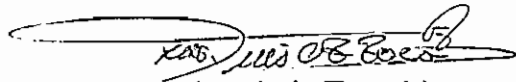
ALFONSO GUSTAVO ECHEVERRIA GUEVARA

DIRECTOR: ING. LUIS TACO V.

Quito, junio de 2003

## CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por ALFONSO GUSTAVO ECHEVERRIA GUEVARA, bajo mi supervisión.


A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ing. Luis Taco V.', is written over a horizontal line.

Ing. Luis Taco V.-  
Director del Proyecto

## DECLARACION

Yo, ALFONSO GUSTAVO ECHEVERRIA GUEVARA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento, y por la normatividad institucional vigente.



Alfonso Echeverría Guevara

## **AGRADECIMIENTO**

A la generosidad de Dios, a mis padres que supieron guiarme con amor y sabiduría, a mi esposa por amor y paciencia, al Ing. Santiago Granja por el apoyo logístico y al Ing. Luis Taco por su conocimiento y experiencia que sirvieron de guía para la elaboración del presente Proyecto de Titulación

Alfonso Echeverría Guevara

## DEDICATORIA

A todas las personas que con su cariño, ejemplo y apoyo, me han motivado a lo largo de la vida, a todos quienes me han demostrado que los sueños se cumplen con esfuerzo y trabajo constantes.

Especial dedicatoria a mis padres Angel y Rocío, mi esposa Yhadira, a mis hermanos Alejandro, Francisco, Amanda y Luis, que el camino recorrido les sirva de guía en su propia realización personal y profesional.

Alfonso Echeverría Guevara

# CONTENIDO

- i PRESENTACION
- ii OBJETIVOS
- iii RESUMEN

## CAPITULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS Y REGULACIONES VIGENTES

- 1.1. Introducción 1
- 1.2. Estudio a un Sistema Eléctrico Industrial 1
- 1.3. Descripción del Proceso Productivo en las Florícolas Denmar y Marledión 3
- 1.4. Definición de Términos, Referencias Jurídicas y Reglamentos Relativos al Tema en Estudio. 7

## CAPITULO 2. DIAGNOSTICO Y ESTUDIO DE CARGA ELÉCTRICA DE LA FLORÍCOLA "MARLEDIAN"

- 2.1. Introducción 12
- 2.2. Identificación de las Fuentes de Alimentación Eléctrica 12
  - 2.2.1. Red de Distribución de la Empresa Eléctrica Local 12
  - 2.2.2. Grupos Electrógenos a Diesel 13
  - 2.2.3. Identificación y Ubicación de los Centros de Transformación 15
- 2.3. Identificación de los Sectores de Consumo Eléctrico, Potencia Instalada y Horas de Operación. 16
  - 2.3.1. Bombeo 16
  - 2.3.2. Sublimación 17
  - 2.3.3. Postcosecha 18
  - 2.3.4. Calderos 19
  - 2.3.5. Iluminación 19
  - 2.3.6. Oficinas 19
  - 2.3.7. Ventanas de Bloques 20

<b>2.4.</b>	<b>Registro de la Potencia, Consumo y Pérdidas de Energía por Máquina y Proceso.</b>	<b>21</b>
<b>2.4.1.</b>	<b>Mediciones Instantáneas de los Parámetros Eléctricos de forma puntual, por Equipo y Proceso</b>	<b>21</b>
<b>2.4.2.</b>	<b>Levantamiento de la Curva de Carga de los Transformadores mediante un Registrador.</b>	<b>22</b>
<b>2.4.3.</b>	<b>Levantamiento del Diagrama Unifilar de la Florícola Marledián.</b>	<b>23</b>
<b>2.4.4.</b>	<b>Cálculo de Pérdidas en Transformadores, Redes Primarias y Secundarias</b>	<b>25</b>
<b>2.4.5.</b>	<b>Cálculo de la Energía Consumida por Proceso en la Florícola “Marledián”.</b>	<b>26</b>
<b>2.5.</b>	<b>Balance de Potencia y Energía de la Florícola “Marledián”</b>	<b>28</b>
<b>2.6.</b>	<b>Análisis del Estado de las Instalaciones Eléctricas en la Florícola “Marledián”</b>	<b>30</b>
<b>2.6.1.</b>	<b>Media Tensión</b>	<b>30</b>
<b>2.6.2.</b>	<b>Baja Tensión</b>	<b>30</b>
<b>2.6.2.1.</b>	<b>Redes Aéreas</b>	<b>30</b>
<b>2.6.2.2.</b>	<b>Acometidas</b>	<b>31</b>
<b>2.6.2.3.</b>	<b>Motores Eléctricos</b>	<b>31</b>
<b>2.7.</b>	<b>Índices de Calidad de Explotación de la Energía Eléctrica en la Florícola Marledián.</b>	<b>33</b>
<b>2.7.1.</b>	<b>Factor de Carga</b>	<b>33</b>
<b>2.7.2.</b>	<b>Factor de Potencia</b>	<b>34</b>
<b>2.8.</b>	<b>Evaluación Técnica del Actual Sistema Eléctrico de la Finca “Marledián” a partir de la información recopilada</b>	<b>36</b>
<b>2.8.1.</b>	<b>Sustitución de Motores</b>	<b>36</b>
<b>2.8.1.1.</b>	<b>Sustitución de Motores en Bombeo</b>	<b>37</b>
<b>2.8.1.2.</b>	<b>Sustitución de Motores en Calderos</b>	<b>38</b>
<b>2.8.2.</b>	<b>Desconexión de Centros de Transformación</b>	<b>39</b>
<b>2.8.3.</b>	<b>Modificaciones en las Redes de Baja Tensión y Acometidas.</b>	<b>41</b>
<b>2.8.3.1.</b>	<b>Alimentación del Pozo Profundo con la Red Interna MT de “Marledián”</b>	<b>41</b>

2.8.3.2.	Modificaciones en Calderos y Bombeo Hidropónico	44
2.8.3.3.	Modificaciones en Bombeo a Reservorio y Agua Limpia	44
2.8.4.	Análisis de Factor de Potencia de la Florícola "Marledíán"	47
2.8.4.1.	Capacitores Fijos	47
2.8.4.2.	Capacitores Variables	47
2.8.4.3.	Beneficios al mejorar el Factor de Potencia	47
2.8.4.4.	Dónde mejorar el Factor de Potencia	48
2.8.5.	Análisis de la Iluminación	50
2.8.6.	Análisis de las Protecciones de MT y BT	50
2.9.	Control de la Demanda	52
2.9.1.	Perfil de Carga Actual	52
2.9.2.	Curva de Carga Aplicando el Estudio Eléctrico	54
2.10.	Cuantificación de los Beneficios Económicos Proyectados con la Optimización del Sistema Eléctrico en la Finca "Marledíán"	56
2.10.1.	Optimización de Motores	56
2.10.2.	Optimización de Redes Secundarias	57
2.10.3.	Optimización de Transformadores	57
2.10.4.	Con la Instalación de Bancos de Capacitores	57
2.10.5.	Con el Control de Demanda	58
2.10.6.	Eliminando el Medidor de Pozo Profundo	60
2.10.7.	Resumen de los Beneficios Anuales esperados e Inversiones necesarias.	60
2.11.	Posibilidades de Autogeneración	62

### **CAPITULO 3.    DIAGNOSTICO Y ESTUDIO DE CARGA ELÉCTRICA DE LA FLORÍCOLA "DENMAR"**

3.1.	Introducción	63
3.2.	Identificación de las Fuentes de Alimentación Eléctrica	63
3.2.1.	Red de Distribución de la Empresa Eléctrica Local	63
3.2.2.	Grupos Electrógenos a Diesel	64



3.2.3. Identificación y Ubicación de los Centros de Transformación	67
3.3. Identificación de los Sectores de Consumo Eléctrico, Potencia Instalada y Horas de Operación.	68
3.3.1. Bombeo	68
3.3.2. Sublimación	69
3.3.3. Postcosecha	70
3.3.4. Calderos	71
3.3.5. Iluminación	71
3.3.6. Oficinas	72
3.3.7. Ventanas de Bloques	72
3.4. Registro de la Potencia, Consumo y Pérdidas de Energía por Máquina y Proceso.	73
3.4.1. Mediciones Instantáneas de los Parámetros Eléctricos de forma puntual, por Equipo y Proceso	73
3.4.2. Levantamiento de la Curva de Carga de los Transformadores mediante un Registrador.	74
3.4.3. Levantamiento del Diagrama Unifilar de la Florícola Denmar.	75
3.4.4. Cálculo de Pérdidas en Transformadores, Redes Primarias y Secundarias	77
3.4.5. Cálculo de la Energía Consumida por Proceso en la Florícola "Denmar".	78
3.5. Balance de Potencia y Energía de la Florícola "Denmar"	80
3.6. Análisis del Estado de las Instalaciones Eléctricas en la Florícola "Denmar"	82
3.6.1. Media Tensión	82
3.6.2. Baja Tensión	82
3.6.2.1. Redes Aéreas	82
3.6.2.2. Acometidas	83
3.6.2.3. Motores Eléctricos	84
3.7. Índices de Calidad de Explotación de la Energía Eléctrica en la Florícola Denmar.	85
3.7.1. Factor de Carga	85

3.7.2.	Factor de Potencia	86
3.8.	Evaluación Técnica del Actual Sistema Eléctrico de la Finca “Denmar” a partir de la información recopilada	88
3.8.1.	Sustitución de Motores	88
3.8.1.1.	Sustitución de Motores en Bombeo	89
3.8.1.2.	Sustitución de Motores en Calderos	90
3.8.2.	Desconexión de Centros de Transformación	91
3.8.3.	Modificaciones en las Redes de Baja Tensión y Acometidas.	92
3.8.3.1.	Rediseño de la Red de Alimentación a Bombeo y Cuartos Fríos	92
3.8.3.2.	Modificaciones en Calderos	95
3.8.4.	Análisis de Factor de Potencia de la Florícola “Denmar”	97
3.8.4.1.	Capacitores Fijos	97
3.8.4.2.	Capacitores Variables	97
3.8.4.3.	Beneficios al mejorar el Factor de Potencia	98
3.8.4.4.	Dónde mejorar el Factor de Potencia	98
3.8.5.	Análisis de la Iluminación	100
3.8.6.	Análisis de las Protecciones de MT y BT	100
3.9.	Control de la Demanda	102
3.9.1.	Perfil de Carga Actual	102
3.9.2.	Curva de Carga Aplicando el Estudio Eléctrico	104
3.10.	Cuantificación de los Beneficios Económicos Proyectados con la Optimización del Sistema Eléctrico en la Finca “Denmar”	106
3.10.1.	Optimización de Motores	106
3.10.2.	Optimización de Redes Secundarias	107
3.10.3.	Optimización de Transformadores	107
3.10.4.	Con la Instalación de Bancos de Capacitores	107
3.10.5.	Con el Control de Demanda	108
3.10.6.	Resumen de los Beneficios Anuales esperados e Inversiones necesarias.	110
3.11.	Posibilidades de Autogeneración	112

## **CAPITULO 4. ANALISIS DEL SISTEMA DE AUTOGENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN GRANJA FLORICOLA "WELY FLOR"**

<b>4.1.</b>	Introducción	113
<b>4.2.</b>	Antecedentes	113
<b>4.3.</b>	Resumen del Estudio, Diseño e Instalación	116
<b>4.3.1.</b>	Wely Flor antes del Control de Demanda	116
<b>4.3.2.</b>	Recomendaciones para reducir la Demanda Máxima	119
<b>4.3.3.</b>	Criterios para la Selección del Generador	124
<b>4.3.4.</b>	Resumen sobre el montaje de los Equipos	125
<b>4.4.</b>	Análisis Técnico Económico y Resultados de la Instalación	128
<b>4.4.1.</b>	Costo del Sistema de Autogeneración de Energía Eléctrica para Granja Florícola "Wely Flor"	128
<b>4.4.2.</b>	Energía Generada y Consumo de Combustible	129
<b>4.4.3.</b>	Relación Beneficio- Costo del Sistema	132
<b>4.4.3.1.</b>	Beneficios del Sistema de Autogeneración	132
<b>4.4.3.2.</b>	Costos del Sistema de Autogeneración	135
<b>4.4.3.3.</b>	Cálculo de la Relación Beneficio- Costo TIR y VAN	138

## **CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>5.1.</b>	Conclusiones	140
<b>5.2.</b>	Recomendaciones	142

## **BIBLIOGRAFIA.**

## **ANEXOS**

ANEXO 2.1. Cálculo de Pérdidas en Redes Primarias en Marledián.

ANEXO 2.2. Cálculo de Pérdidas en Redes Secundarias en Marledián.

ANEXO 2.3. Curvas de Carga individual por proceso en Marledián.

ANEXO 3.1. Cálculo de Pérdidas en Redes Primarias en Denmar.

ANEXO 3.2. Cálculo de Pérdidas en Redes Secundarias en Denmar.

ANEXO 3.3. Curvas de Carga individual por proceso en Denmar.

ANEXO 4.1. Cotización de Materiales y Servicios Sistema de Autogeneración  
Wely Flor

ANEXO 4.2.1. Flujo de Caja Años 1 a 5, Proyecto Wely Flor

ANEXO 4.2.2. Flujo de Caja Años 6 a 10, Proyecto Wely Flor

ANEXO 4.2.3. Resumen Ingresos – Egresos, TIR y VAN Proyecto Wely Flor.

## **i. PRESENTACIÓN:**

La dolarización de la economía ecuatoriana, la globalización además de la fuerte competencia que resulta del incremento de granjas florícolas en el Ecuador y el mundo, obliga a los industriales florícolas a tomar medidas para reducir costos de producción y mantener la rentabilidad del negocio en niveles aceptables.

Una de las principales preocupaciones del floricultor es el valor de la carta de energía eléctrica que mensualmente debe cancelar, entre consumo, demanda, multas e impuestos el valor final de la planilla es muy alto.

Conseguir la optimización de los recursos eléctricos, eleva la rentabilidad de una industria; al llevar a cabo un estudio que identifique los sectores problemáticos sobre los cuales se deben ejecutar cambios o reorganización de carga y redes eléctricas, se conseguirá una notable reducción de la factura mensual de energía eléctrica, recuperando de esta manera el dinero invertido en el estudio.

Consecuentemente, se plantea realizar un estudio eléctrico profundo a las redes de dos de las más grandes granjas florícolas del cantón Cayambe (DENMAR y MARLEDIAN), para determinar realmente su carga, consumo y pérdidas, información con la cual se trazará un modelo que permita optimizar la red interna, organizar la carga, disminuir la demanda y lograr el uso racional de la energía.

Por otro lado, se analizará la rentabilidad del sistema de autogeneración de energía eléctrica de la Florícola Wely Flor, empresa que se halla aislada del sistema eléctrico de EMELNORTE, para determinar la conveniencia de usar estos grupos electrógenos diesel, analizando técnico- económicamente el servicio y la tarifa del distribuidor, versus el servicio y costo de generación diesel.

## **ii. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Determinar el comportamiento de los procesos productivos y su incidencia sobre la demanda y el consumo y las pérdidas de energía eléctrica, para mediante un estudio de optimización de redes eléctricas, formular las modificaciones físicas y recomendaciones de uso particulares que permitan reducir los costos eléctricos de producción y mejoren la rentabilidad de las granjas Florícolas en Estudio.

### **Objetivos Específicos**

- Estudiar las características de la carga eléctrica instalada en las granjas florícolas en estudio y su comportamiento horario.
- Determinar de manera particular en cada plantación los problemas eléctricos y sus causas, para luego de un análisis técnico realizar las modificaciones y recomendaciones necesarias.
- Optimizar el sistema eléctrico reestructurando las redes y la carga de tal forma que permitan obtener el mejor aprovechamiento de los recursos eléctricos eliminando el desperdicio de energía.
- Organizar la carga, eliminando picos de demanda que puedan controlarse y sean originados por mala planificación en el consumo.
- Analizar la tarifa de EMELNORTE y ponerla a comparar con el costo de generación propia mediante la adquisición de grupos electrógenos de combustión interna.

### iii. RESUMEN

Utilizando conceptos básicos y especializados de ingeniería eléctrica se realiza un estudio dedicado a determinar el estado actual del sistema eléctrico de las florícolas DENMAR y MARLEDIAN, analizando sus fuentes de energía, configuración física de sus redes de media y baja tensión, centros de transformación, sistemas de alimentación a la carga eléctrica, niveles de voltaje, características nominales de todos los equipos, características de las protecciones eléctricas utilizadas y el comportamiento horario de los procesos de producción. El trabajo de campo se complementa con mediciones puntuales en todos los equipos eléctricos, levantamiento de curvas de carga en los centros de transformación y análisis del estado físico de las instalaciones.

Con toda esta información se determina mediante cálculo las pérdidas en las redes de distribución y alimentación a la carga, necesidad de compensación reactiva indicando el tipo y sitio recomendado para instalar cada banco de capacitores; se idean los nuevos recorridos de las redes de baja tensión y se presentan las modificaciones de las redes existentes para obtener el máximo rendimiento de las instalaciones eléctricas.

El estudio formula recomendaciones particulares en cuanto a la organización de la carga, a fin de lograr la reducción de la demanda facturable, se alerta de las coincidencias de los procesos de producción y se dan las pautas para lograr el uso racional de la energía eléctrica.

Al final de estos documentos se elabora una proyección del ahorro anual en dólares americanos al implementar todos los cambios y recomendaciones que resultan del estudio, valor que al compararlo con la proyección de los costos de implementación del estudio se obtiene la relación beneficio - costo y el tiempo de recuperación del capital.

Por otro lado se analiza el beneficio técnico y económico del sistema de autogeneración eléctrica de la Florícola WELY FLOR, la cual trabaja independientemente del sistema eléctrico de EMELNORTE.

# CAPÍTULO

1



# CONCEPTOS BÁSICOS Y REGULACIONES VIGENTES

## 1.1. INTRODUCCION

La descripción conceptual del estudio eléctrico y la información básica que describe los procesos de producción en una granja florícola son presentados para lograr un mejor entendimiento del presente proyecto; además se ha resumido y tomado textualmente algunas de las definiciones, leyes y regulaciones actualizadas referentes al tema en estudio.

## 1.2. ESTUDIO DE UN SISTEMA ELECTRICO INDUSTRIAL

Conocido también como Auditoría Energética, es la recolección de datos sobre alimentación eléctrica y consumo de todos los procesos productivos con el propósito de evaluar las posibles formas de ahorro de energía y potencia sin afectar el proceso productivo.

El uso racional de la energía se basa en reducir al mínimo posible las pérdidas del sistema, mala configuración de redes, mal dimensionamiento de cables, utilización de motores mal dimensionados y desperdicios de energía que se detecten inclusive en el sistema de iluminación, para aprovechar al máximo cada vatio de energía.

El ahorro de potencia se refiere a la disminución de los picos de energía en cuanto sea posible, económicamente la empresa distribuidora cobra por cada kilovatio registrado en el pico máximo requerido durante un período de facturación, básicamente este ahorro se consigue ordenando la carga o desplazando procesos a horas donde el consumo es menor, siempre y cuando esto no afecte el proceso de producción.

La Auditoria Energética en la Industria busca determinar:

- ¿Cuánta energía se consume por proceso?
- ¿Dónde se consume (iluminación, fuerza motriz, etc.?)
- ¿Dónde y cómo su eficiencia puede ser mejorada?

El presente estudio responderá además:

- ¿De qué rubros se compone la planilla de consumo eléctrico de una plantación?
- ¿Qué porcentaje pertenece a cada rubro?
- ¿Cuánto cuesta generar energía en grupos electrógenos para ciertas potencias estándar para los requerimientos de las plantaciones?
- Económicamente hablando ¿qué es más conveniente: comprar energía al distribuidor o generar energía internamente con los grupos electrógenos?

Las respuestas a estas preguntas definirán la situación eléctrica y las alternativas para disminuir los costos de consumo eléctrico de las dos plantaciones en estudio.

### 1.3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LAS FLORÍCOLAS DENMAR Y MARLEDIÁN

Básicamente el proceso productivo en la mayoría de granjas florícolas del Cantón Cayambe es muy similar, los invernaderos o bloques se utilizan para mantener protegidas a las flores de las condiciones externas y poder controlar fácilmente las enfermedades que pudieran afectar a las plantas, en algunas plantaciones grandes como es el caso de DENMAR y MARLEDIÁN en varios bloques poseen sistemas de calefacción nocturna que evitan que el frío detenga el metabolismo de la flor y poder lograr cosechas en menor tiempo optimizando tiempo y recursos.

Todas las aplicaciones eléctricas que las granjas florícolas utilizan serán descritas y explicadas a continuación:

**OFICINAS:** Como en toda empresa, la parte administrativa posee sistemas de iluminación, computadoras, centrales telefónicas, antenas de comunicación, etc., con un consumo de energía y una potencia relativamente bajas. Su horario de trabajo habitual es de 7:30 a 15:30 de lunes a viernes.

**POSTCOSECHA:** Se denomina así al área que se encarga de limpiar, clasificar, empacar y almacenar las flores, su horario de trabajo habitual es de 7:30 a 15:30 de lunes a sábado, que puede incrementarse según la temporada; la carga eléctrica que esta sección posee se divide en:

**Iluminación:** Lámparas fluorescentes que iluminan el área de trabajo de la gente que se dedica a la clasificación y empaque de las flores.

**Prefrío:** Cámara fría en el cual se depositan las flores que llegan directamente de los bloques para ser clasificadas.

**Cuartos Fríos:** Cámaras frías donde se almacenan las flores que ya han sido empacadas antes de ser enviadas al extranjero.

**Evaporadores:** Motores que accionan varios ventiladores de  $\frac{1}{4}$  hp, que hacen circular el aire frío de manera forzada.

Para que la flor se mantenga en buen estado se requiere una temperatura interna de los cuartos fríos entre 2 y 4 grados. La potencia en este tipo de carga es muy variable y depende del movimiento interno del personal de trabajo dentro de los cuartos fríos y del clima que exteriormente se tiene y se introduce por el ajetreo y entrada de cuerpos con temperaturas mayores.

La potencia eléctrica de cuartos fríos no es una potencia fija, para que entre en operación el equipo de refrigeración se es porque el cuarto frío se ha alcanzado su temperatura máxima (4 grados centígrados), en ese momento los equipos de enfriamiento trabajan con toda su potencia para reducir el calor existente, y luego disminuir conforme el cuarto se va enfriando, hasta llegar a apagarse y para nuevamente repetir el ciclo.

El tiempo de operación de los ventiladores depende de la cantidad de personal que se encuentre adentro, y de la cantidad de calor.

Debido a que las plantaciones DENMAR y MARLEDIÁN pertenecen a un solo grupo (DENMAR S.A.) se trabaja conjuntamente y los cuartos fríos de la finca DENMAR reciben las flores de las dos plantaciones.

**BOMBEO:** Dentro de las plantaciones las bombas son utilizadas en una amplia gama de aplicaciones, en horarios que varían según la estación del año; los sistemas de bombeo utilizados se describen a continuación:

**De pozo profundo:** Debido a que las florícolas no se sirven de ninguna empresa de agua potable, éstas tienen sus pozos de agua de donde dispone el líquido para todas sus aplicaciones.

**De presión de agua limpia:** Para las oficinas, cocina y sanitarios, la presión de agua se consigue a través de un tanque que mantiene la presión constante en la tubería.

**De Riego y fertilizantes:** Utiliza bombas de alta velocidad para conducir el líquido y mantener la presión en todos los bloques o invernaderos.

**De fumigación:** Son equipos eléctricos de tipo portátil y durante algunas horas de la madrugada las bombas de fumigación recorren todos los bloques.

Las estaciones de bombeo de Riego y Fumigación, junto con las de agua limpia son las principales de la Florícola, debido a que estas suministran agua de riego durante todo el año, es decir, para las épocas de verano e invierno, mientras que las de pozo profundo trabajan exclusivamente en verano y en casos de falla del sistema de agua limpia.

**SUBLIMACION:** Es el proceso por el cual se vaporiza trozos de azufre para evitar enfermedades en las plantas, este tipo de fumigación se lleva a cabo principalmente en las madrugadas. Eléctricamente ocupan unas resistencias que al calentarse permiten el cambio de estado del azufre, estas resistencias son de baja potencia pero se instalan grandes cantidades en cada bloque.

La carga de sublimadores es netamente resistiva, y se encuentra instalada en todos los bloques, y trabajan en un horario habitual de las 00:00 hasta las 06:00, mediante el control de timers.

**CORTINAS:** Se trata de sistemas motorizados que abren o cierran cortinas superiores de los invernaderos o bloques y se utilizan para mantener la humedad y temperatura controlada en dichos bloques. En algunos casos donde el control es automático las ventanas funcionan durante todo el día y en el caso de control manual, su trabajo se limita a tres o cuatro operaciones diarias, dependiendo de las condiciones climáticas externas.

**CALDEROS:** Algunos bloques, especialmente aquellos cuyo sistema de cultivo se conoce como "hidropónico" (siembra sobre baldes plásticos utilizando corteza de coco pulverizado en lugar de tierra) poseen sistemas de

calentamiento basados en la circulación de agua calentada en un caldero a través de tuberías que cruzan los bloques. Como carga eléctrica en el sistema de calderos se tienen: el blower o ventilador que aviva la llama, las bombas de circulación de combustible, las resistencias de precalentamiento del combustible, los sistemas de presión de agua en las tuberías, la iluminación y servicios auxiliares. Los calderos tienen un período de trabajo habitual de 6 horas diarias y su entrada depende de las condiciones climáticas.

Existen otras cargas ocasionales y de relativamente baja potencia como son: Cocina y comedor, garita de guardianía, duchas del personal, reflectores de entrada, etc., que serán tomadas en cuenta dentro del inventario total de carga de cada plantación en los siguientes capítulos.

## 1.4. DEFINICION DE TERMINOS, REFERENCIAS JURIDICAS Y REGLAMENTOS RELATIVOS AL TEMA EN ESTUDIO.

En el presente proyecto se estudiará el sistema eléctrico interno de tres industrias florícolas, las cuales son clasificadas como Clientes Especiales de EMELNORTE, esta calificación implica varios puntos a considerar dentro del pliego tarifario.

Particularidades de este sistema de facturación, se transcribe textualmente, detallando la referencia bibliográfica de cada párrafo:

### **Del REGLAMENTO DE SUMINISTRO DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD:**

(Decreto Ejecutivo No 592 - 11 de febrero de 1999)

#### **SECCION 1**

##### **Calidad del Producto**

... **Art. 10.- Nivel de Voltaje.-** El CONELEC evaluará las variaciones de voltaje existentes en las redes del Distribuidor. El Distribuidor deberá efectuar pruebas mensuales de voltaje (V) en los puntos de entrega del 0,01% de los Consumidores de su sistema, por un período mínimo de siete días continuos.

El Distribuidor efectuará pruebas de voltaje por pedido del CONELEC o a solicitud de los Consumidores. Si como resultado de una solicitud escrita de los Consumidores, se verifica que los valores de voltaje están fuera de los límites permitidos, el Distribuidor podrá obtener del CONELEC un plazo definido para subsanar el desvío de los límites. Cumplido dicho plazo y si esto no se hubiere dado, será penalizado por el CONELEC, de acuerdo a lo establecido en el Capítulo IV del presente Reglamento.

Las variaciones de voltaje admitidas en los puntos de entrega de electricidad a los Consumidores, respecto al voltaje nominal serán establecidas en las Regulaciones pertinentes.

**Art. 11.- Perturbaciones.-** Las perturbaciones que se controlarán son las oscilaciones rápidas de voltaje (flicker), las distorsiones armónicas y cualquier otro parámetro que la experiencia demuestre que afecta la calidad del servicio.

El Distribuidor por su propia iniciativa, por reclamo de los Consumidores o exigencia del CONELEC, efectuará las mediciones y estudios necesarios para determinar el origen y las magnitudes de las perturbaciones.

Los procedimientos y metodología de medición y los límites permitidos para las perturbaciones, serán regulados por el CONELEC.

El Distribuidor podrá suspender el Servicio a los Consumidores cuyas instalaciones produzcan perturbaciones en el sistema de distribución que excedan los límites permitidos, hasta que se eliminen las causas de tales perturbaciones.

**Art. 12.- Factor de Potencia.-** El Distribuidor podrá efectuar mediciones del factor de potencia en períodos de integración horarios con el régimen de funcionamiento y cargas normales de las instalaciones de los Consumidores al nivel de voltaje primario y por un tiempo no menor a siete días.

Si la estadística de las mediciones efectuadas demuestra que el factor de potencia es inferior a 0,92 en retraso o adelanto, en más del 5% del período evaluado, el Distribuidor, a mas de establecer los recargos por consumo de energía reactiva señalados en el Reglamento de Tarifas, notificará al Consumidor tal circunstancia, otorgándole un plazo para la corrección de dicho factor.



Si una vez transcurrido el plazo al que se refiere el inciso inmediato anterior, el Consumidor no hubiere corregido la anormalidad, el Distribuidor estará facultado a realizar, por sí o por medio de terceros, las instalaciones necesarias para corregir dicho factor a costo del Consumidor. Estas instalaciones deberán incluir el control automático correspondiente para la conexión y desconexión, de acuerdo a los requerimientos de la carga.

Cualquiera sea el tipo de consumidor, cuando el valor medido del factor de potencia fuese inferior a 0,60, el Distribuidor, previa notificación, podrá suspender el servicio hasta tanto el Consumidor modifique sus instalaciones a fin de superar dicho valor.

De todas maneras el Distribuidor está obligado a instalar en su sistema los equipos de potencia reactiva que sean necesarios para mantener, en el punto de conexión al Sistema Nacional Interconectado, el factor de potencia dentro de los límites establecidos en el Reglamento de Despacho y Operación del Sistema Nacional Interconectado y el Manual de Despacho....

### SECCION 3

“...**Art. 43.- Glosario.-** Los términos incluidos en el texto del Reglamento y que señalan a continuación tendrán los siguientes significados:...

.... **Consumidor:** Persona natural o jurídica, que acredite dominio sobre una instalación que recibe el Servicio eléctrico debidamente autorizado por el Distribuidor, dentro del área de la Concesión. Incluye al Consumidor Final y al Gran Consumidor.

**Consumidor Industrial:** Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza los servicios de energía eléctrica para la elaboración o transformación de productos por medio de cualquier proceso industrial.

**Distribuidor:** Empresa eléctrica titular de una concesión que asume, dentro de su área de concesión, la obligación de prestar el Servicio público de suministro de electricidad a los Consumidores.....

.... **Ley:** Es la Ley de Régimen del Sector Eléctrico promulgada en el Suplemento del Registro Oficial 43 del 10 de octubre de 1996 y sus reformas expedidas mediante Ley 50 promulgada en el Suplemento del Registro Oficial 227 de 2 de enero de 1998 y mediante Ley 58 promulgada en el suplemento del Registro Oficial 261 de 19 de febrero de 1998.

**Punto de Entrega:** Se entenderá como tal, el lado de la carga del sistema de medición, es decir los terminales de carga del medidor en los sistemas de medición directa y el lado secundario de los transformadores de corriente en los sistemas de medición indirecta o semi-indirecta, independientemente de donde estén ubicados los transformadores de tensión.

**Reglamento General:** Es el Reglamento Sustitutivo del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, expedido mediante Decreto Ejecutivo 754 publicado en el Suplemento del Registro Oficial 182 del 28 de octubre de 1997 y sus reformas expedidas mediante Decreto Ejecutivo 820 publicado en el segundo Suplemento del Registro Oficial 191 del 11 de noviembre de 1997 y mediante Decreto Ejecutivo 889 publicado en el Registro Oficial 202 del 26 de noviembre de 1997.

**Regulaciones:** Son las normativas que emita el CONELEC con el objeto de hacer aplicables las disposiciones que se señalan en algunos de los artículos del presente Reglamento.

**Servicio:** La utilización de la electricidad por parte del Consumidor

**Sistema de Medición:** Son los componentes necesarios para la medición o registro de energía activa y reactiva y demandas máximas o de otros parámetros involucrados en el Servicio. Incluyen las cajas y accesorios de sujeción, protección física de la acometida y del (de los) medidor(es), cables de

conexión y equipos de protección, transformadores de instrumentos y equipo de control horario.”....

## **Del REGLAMENTO DE TARIFAS:**

(Decreto Ejecutivo No 228 - 15 de octubre de 1998)

### **SECCION 2**

#### **PLIEGOS TARIFARIOS:**

**Art. 19.- Tarifas al Consumidor Final.-** Las tarifas al consumidor final serán estacionales y en función de los cargos variables se estructurarán como: monomias, monomias horarias, binomias y binomias horarias.

Las tarifas monomias, son aquellas que tienen un cargo por energía; las tarifas monomias horarias, son las que tienen tres cargos por energía: en período de punta, en período de demanda media y en período de base; las tarifas binomias, son aquellas que tienen un cargo por potencia y un cargo por energía; y, las tarifas binomias horarias tienen cargos por potencia y energía dependiendo de los períodos de: punta, demanda media y base.

Para alta y media tensión, serán binomias y binomias horaria. Para baja tensión, las tarifas residenciales y generales podrán ser: monomias, monomias horarias, binomias y binomias horarias en función de las características del consumo.

El cargo por potencia estará expresado en dólares por kilovatio, el cargo por energía en dólares por kilovatio-hora y el cargo por atención al cliente en dólares por Consumidor. El Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC, definirá el Punto de Entrega en el cual se realizará el registro de consumo para cada una de las tarifas, de conformidad a lo establecido en el Reglamento Suministro del Servicio de Electricidad....

# CAPÍTULO

2

# DIAGNOSTICO Y ESTUDIO DE CARGA ELECTRICA DE LA FLORICOLA MARLEDIÁN

## 2.1. INTRODUCCION

En este capítulo se estudia todo el sistema de alimentación eléctrica de la florícola Marledián, se determina la caracterización de la carga, su comportamiento y las pérdidas existentes; luego de un análisis técnico se sugieren adecuaciones y cambios en las instalaciones, las cuales representan un importante beneficio económico, tal y como se demuestra en el desarrollo del estudio.

Las mediciones puntuales y resultados de los cálculos se muestran en cuadros de resumen, así también las curvas de carga actuales y proyectadas, las inversiones necesarias y la relación beneficio- costo de la implementación del estudio.

## 2.2. IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE ALIMENTACION ELECTRICA

Actualmente la Florícola Marledián dispone de dos fuentes de energía eléctrica:

### 2.2.1 Red de Distribución a 13.2 kV de la Empresa Eléctrica Local.

La Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. EMELNORTE, es el Distribuidor del cual se sirve la Florícola Marledián; a través de una ramificación del alimentador número 3 de la Subestación Cayambe llega la energía al punto de entrega a la entrada de la plantación. Como la energía consumida por la

plantación debe ser distribuida en una superficie muy amplia, la red aérea de 13.2 kV, de manera interna, se extiende hasta los transformadores de distribución donde se alimenta la carga a niveles de voltaje de 120, 240 y 460 Voltios.

## 2.2.2 Grupos electrógenos de generación a Diesel.

Los generadores de combustión interna son generalmente usados por las florícolas como grupos de emergencia y son utilizados para alimentar la carga de los procesos más críticos como cuartos fríos y riego cuando EMELNORTE por alguna razón suspende el suministro normal de energía. En Marledían existen dos grupos de generación de emergencia:

- El grupo Jhon Deere de 156 kVA se encuentra ubicado al lado del taller y alimenta oficinas, bombeo, postcosecha, oficinas y fumigación.
- El grupo Kohler de 256 kVA se encuentra ubicado junto a la cámara de transformación de 200 kVA, y suministra de energía a los Bloques 16, 17, 18, Caldero, Bombeo de riego, agua limpia y Bombeo hidropónico.

Marca	Potencia (kVA)	Potencia (kW)	No de fases	Voltaje (V)	Frecuencia (hz)	Factor de potencia	rpm
Koller	256	205	3	220	60	0,8	1800
John Deere	156	125	3	220	60	0,8	1800

**FIGURA 2.1.** Características de los Generadores de Emergencia de Marledían.

En la FIGURA 2.2 se muestra la configuración de la red de media tensión de Marledían y la ubicación física de todos los centros de transformación y grupos generadores.

SIMBOLOGIA

- POSTE 11 m.
- POSTE 9 m.
- ▶ TRANSFORMADOR
- CM ▶ CAMARA DE MEDICION
- RED MEDIA TENSION - MARLEDIAN
- - - RED MEDIA TENSION - EMELNORTE
- RED MEDIA TENSION - EMELNORTE
- Ⓞ GENERADOR DE EMERGENCIA

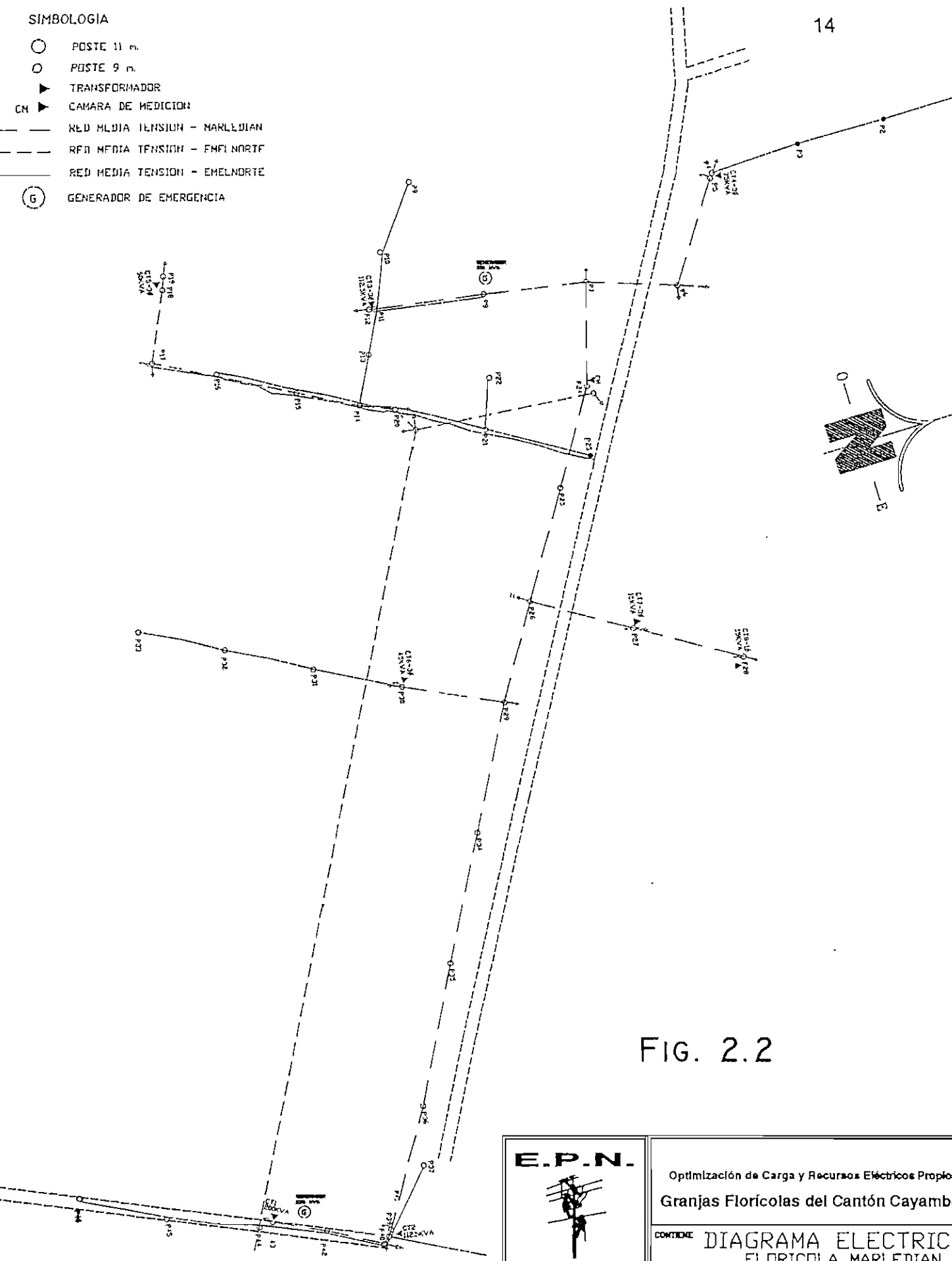



FIG. 2.2

 <p><b>E.P.N.</b></p>	Optimización de Carga y Recursos Eléctricos Propios Granjas Florícolas del Cantón Cayamb
DISEÑO	CONTROL: <b>DIAGRAMA ELECTRIC FLORICOLA MARLEDIAN</b>

APROBADO	ALFONSO ECHEVERRIA PROYECTO	ESCALA	Ene./2003 FECHA
		HOJA 1 DE 1	

### 2.2.3 Identificación y Ubicación de los Centros de Transformación.

En la Florícola Marledían existen transformadores de tipo monofásico y trifásico, para voltajes secundarios de 220/110V, 220/127V y 460/265V.

En el Plano anterior se puede observar la ubicación física de los centros de transformación en la red de mediano voltaje con sus respectivos números de identificación.

En la FIGURA 2.3. se describe las características de voltaje y potencias de los transformadores existentes en Marledían con sus protecciones, conductores de alimentación, procesos que alimenta cada uno de los transformadores y su cargabilidad actual.

CT No	Potencia (kVA)	Designación del circuito	No de fases	Voltaje 1rio (kV)	Voltaje 2rio (V)	Protección (A)		Conductor (AWG)		Observaciones
						HV	LV	HV	LV	
1	200	Blq. 16,17,18, Bombeo 2	3	13,2	220	12 k	400	2	4x1/0	En cámara de transformación
2	112,5	Bombeo Reservorio	3	13,2	220	6 k	250	2	2x1/0	En Torre de transformación
3	112,5	Blq. 4,5, Postcosecha	3	13,2	220	6 k	250	2	2x1/0	En Torre de transformación
4	75	Blq. 1,2,3	3	13,2	220	5 k	150	2	1x1/0	En Torre de transformación
5	60	Pozo Profundo	3	13,2	460	4 h	60	2	1x2	En Torre de transformación
6	45	Blq. 6,7,8,13,14,15	3	13,2	220	3 h	100	2	2x1/0	En Repisa
7	15	Blq. 9,12	3	13,2	220	1 h	36	2	1x4	En poste
8	15	Blq. 10,11	1	7,62	240	3 h	80	2	1x4	En poste

FIGURA 2.3. Resumen de los Centros de Transformación de Marledían.



## 2.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS SECTORES DE CONSUMO ELÉCTRICO, LEVANTAMIENTO DE LA POTENCIA INSTALADA Y HORAS DE OPERACIÓN.

Como se explicó en el CAPITULO 1, en todas las plantaciones de flores, se repiten ciertos sectores de consumo, para el presente caso se tomará en cuenta únicamente sus aspectos particulares:

### 2.3.1 Bombeo.

Debido a que el área de la plantación es considerable se ha identificado por su posición las estaciones de bombeo, las que se ha subdividido en tres:

- a) Frente a calderos,
- b) Postcosecha,
- c) Pozo Profundo, atrás del bloque 5.

Las estaciones de bombeo frente a calderos y postcosecha, son las estaciones principales de la Florícola, debido a que estas suministran agua de riego durante todo el año, es decir, para las épocas de verano e invierno, mientras que la del pozo profundo trabaja su mayoría en verano, mientras que en temporada de invierno se la activa durante 13 horas mensuales.

En la *FIGURA 2.4.* se describen las características de placa de cada una de las bombas por estación de bombeo.

Proceso	Equipo	Marca	Pn (kw )	Vn (V)	In (A)	F.P	rpm
Bombeo-1	Mezcla fertilizantes 1	Baldor	3,7	220	13	0,84	3470
	Mezcla fertilizantes 2	Baldor	3,7	220	13	0,84	3470
	Fertilizante sector 1	WEG	7,5	220	25	0,9	3470
	Fertilizante sector 2	WEG	7,5	220	25	0,9	3470
	Agua Sucia	WEG	7,5	220	25	0,9	3470
	Bomba neumática	Baldor	5,6	208	19	0,91	3450
Fumigación	Fumigación 1	WEG	7,5	220	25	0,79	1760
	Fumigación 2	Siemens	7,5	220	34	0,58	1740
Bombeo hidropónico	Fertilizantes 1	Grunfos	7,5	220	26,5	0,87	3470
	Fertilizantes 2	Grunfos	7,5	220	26,5	0,87	3470
	Fertilizantes 3	Grunfos	11	220	38	0,92	3470
Bombeo -2	Bombeo reservorio	US. Motors	31	220	96	0,85	1775
	Bombeo agua limpia	Century Pump	22	220	74	0,78	3520

**FIGURA 2.4.** Características de Placa de los Motores del Sistema de Bombeo en Marledían.

### 2.3.2 Sublimación.

La carga de sublimadores es netamente resistiva, y se encuentra instalada en todos los bloques, los sublimadores para los bloques del 1 al 15 tienen un horario de trabajo desde las 00:00 hasta las 06:00, en un número aproximado de 1400, cada unidad es de 40 vatios, son operados automáticamente mediante el control de timers, mientras que para los bloques del 16 al 18 con una operación desde las 22:00 hasta las 06:00 están instalados alrededor de 500 elementos de similar potencia.

Estos sublimadores son de fabricación artesanal y comprados a productores ecuatorianos, generalmente se los conoce por su voltaje de operación 110 voltios y su potencia a este voltaje, 40 vatios.

Debido a la extensión de los invernaderos, pequeño tamaño de los elementos y la posibilidad de que unos se encuentren trabajando en buen estado y otros estén quemados, no se realizó un conteo individual de los elementos, optando por tomar lecturas reales de potencia total en cada uno de los bloques, información que se presenta a continuación:

Proceso	Bloque	Pot. Instalada (kW)	Volt. Medido (V)	Corr. Medida (A)
Sublimación	1	4,59	211,3	12,5
	2	4,4	211,3	12,0
	3	4,21	214,8	11,3
	4	1,05	220,0	2,8
	5	1,4	220,0	3,7
	6	4,5	221,7	11,6
	7	4,51	224,3	11,6
	8	4,31	223,4	11,1
	9	3,72	207,8	10,3
	10	1,44	232,0	3,6
	11	5,22	232,0	13,0
	12	3,8	207,8	10,6
	13	2,19	226,9	5,6
	14	5,2	221,7	13,5
	15	3,75	220,0	9,8
	16	6,47	214,8	17,4
	17	5,82	213,0	15,8
	18	5,93	211,3	16,2
Total		72,47		192,47

*FIGURA 2.5. Potencia medida por bloque para la carga de Sublimadores en Marledían.*

### 2.3.3 Postcosecha, (Cuartos fríos)

Para el caso de Marledían se tiene dos equipos de refrigeración de 3 hp, que funcionan durante el día unas 13 horas con toda su carga. Este equipo es el prefrío de Marledían, pues como se indicó en el CAPITULO 1 al ser las dos plantaciones una misma empresa, los cuartos fríos principales se encuentran en Denmar.

La potencia de placa de estos equipos se debe leer en la corriente de rotor bloqueado del compresor, esto no significa que el equipo trabaje a esta potencia.

### 2.3.4 Calderos.

Para el caso de calderos, los cuales suministran calor a los bloques 16, 17 y 18, tiene un período de trabajo de 6 horas diarias.

Las características de placa de los equipos y motores que conforman el caldero se detallan a continuación:

Proceso	Equipo	Marca	Pn (kw )	Vn (V)	In (A)	F.P Nomi.	rpm
Caldero	Ventilador	US Motor	7,5	220	25	0,85	3470
	Bomba Bunker llama	Baldor	2,1	208	7,8	0,85	1760
	Resistencia		20	220	55	1	
	Bomba Bunker tanque	Siemens	5,5	220	21	0,82	1170
	Bomba Serpentin	Jhonsons	2,2	220	8	0,8	1750
	Compresor	WEG	3,7	220	16	0,86	1750
	Recirculación 1	Stork	0,55	220	2,6	0,56	1750
	Recirculación 2	Stork	0,25	220	1,43	0,46	1750
	Circulación 1	Stork	2,2	220	9	0,64	1750
	Circulación 2	Stork	1,1	220	4,75	0,61	1750
Circulación 3	Stork	2,2	220	9	0,64	1750	

*FIGURA 2.6. Características de Placa del Sistema de Calderos en Marledían.*

### 2.3.5 Iluminación.

La iluminación en los bloques es utilizada principalmente para realizar la fumigación en horas de la madrugada para lo cual la florícola tiene instalada en cada bloque 4 reflectores de mercurio halogenado de 500 w, un total de 36 kw, los cuales se encuentran en funcionamiento durante 3.5 horas diarias.

### 2.3.6 Oficinas.

La carga de oficinas es de aproximadamente 2 kw y lo conforman principalmente computadoras y UPS, su período de trabajo es de 8 horas diarias.

### 2.3.7 Ventanas de Bloques.

Los bloques con control automático de ventilación tienen instalados en su interior motores para abrir o cerrar las ventanas, las cuales mantienen una determinada magnitud de calor requerido dentro de los bloques; el tiempo de funcionamiento depende de las condiciones del medio ambiente durante del día y es totalmente aleatorio.

El tiempo de operación de estos motores es muy corto, alrededor de 5 segundos por operación, con un promedio diario de abrir y cerrar es de 300 a 500 operaciones durante el día, mientras que al empezar las horas de la noche hasta que entre el caldero y en las primeras horas de la mañana tiene una operación más seguida.

La potencia instalada en ventanas es de 49.58 kw, durante un tiempo de 0.42 a 0.69 horas durante el día y en la noche una operación de 10 horas a media carga.

Son en total 134 motores repartidos en tres bloques, de 0.37 kw cada motor y alimentación monofásica a 220 V.

## 2.4. REGISTRO DE LA POTENCIA, CONSUMO Y PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR MÁQUINA Y PROCESO.

Con el objetivo de lograr la caracterización de la carga y la elaboración de un balance de potencia y energía que permita validar el estudio, se han propuesto los siguientes procedimientos:

### 2.4.1 Mediciones instantáneas de los parámetros eléctricos de forma puntual por equipo y proceso.

Las mediciones puntuales instantáneas se la realiza con el objetivo de verificar el comportamiento individual de cada una de las máquinas, para determinar si las mismas se encuentran sobrecargadas o subcargadas, comparando con los datos de placa.

El equipo utilizado para realizar las mediciones de potencia activa y reactiva instantánea es el NANOVIP PLUS de *El Control Energy* tiene un grado de precisión de 0.2, es decir que la lectura puede tener un error en la medición del 0.2 %.

Las mediciones puntuales se deben realizar por proceso, información que puede ayudar al departamento administrativo a determinar el costo energético de cada proceso de producción.

En la *FIGURA 2.7.* se muestra un cuadro de las mediciones puntuales realizadas por proceso de producción:

Proceso	Equipo	Pot. (kW)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de potencia
Caldero	Ventilador	4,07	211	13,4	0,83
	Bomba Bunker llama	0,34	212	2	0,46
	Resistencia	17,8	210	49,1	1
	Bomba Bunker tanque	4,17	208	17	0,8
	Bomba Serpentin	2,65	210	8,9	0,81
	Compresor	3,99	211	12,6	0,87
	Recirculación 1	0,874	216	3,1	0,77
	Recirculación 2	0,325	213	1,6	0,57
	Circulación 1	1,51	212	4,3	0,76
	Circulación 2	1,5	209	5	0,74
	Circulación 3	2,83	208	10,2	0,77

Proceso	Equipo	Pot. (kW)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de potencia
Bombeo-1	Mezcla fertilizantes 1	2,85	207	8,9	0,84
	Mezcla fertilizantes 2	2,17	208	7,1	0,85
	Fertilizante sector 1	7,35	209	21,8	0,93
	Fertilizante sector 2	6,93	210	20,8	0,92
	Agua Sucia	6,28	208	19,3	0,9
	Bomba neumática	2,9	204	8,4	0,87
Fumigación	Fumigación 1	1,18	202	11,6	0,29
	Fumigación 2	1,29	210	16,7	0,37
Bombeo hidropónico	Fertilizantes 1	5,9	207	18,1	0,91
	Fertilizantes 2	7,25	206	22,1	0,92
	Fertilizantes 3	11,2	202	34,6	0,92
Bombeo -2	Bombeo reservorio	14,3	207	46,2	0,86
	Bombeo agua limpia	22	203	67,8	0,92

**FIGURA 2.7.** Mediciones puntuales realizadas por proceso de producción en Marledión.

#### 2.4.2 Levantamiento de la curva de carga de los transformadores mediante un registrador o data logger.

En cada uno de los transformadores, a excepción de los que alimentan únicamente a sublimadores se colocó un equipo de registro de parámetros eléctricos el cual permanecerá tomando lecturas por tres días consecutivos. Con esta información se levantará la curva de carga de cada uno de estos

transformadores, información básica para descifrar el comportamiento de la demanda en la Florícola Marledión.

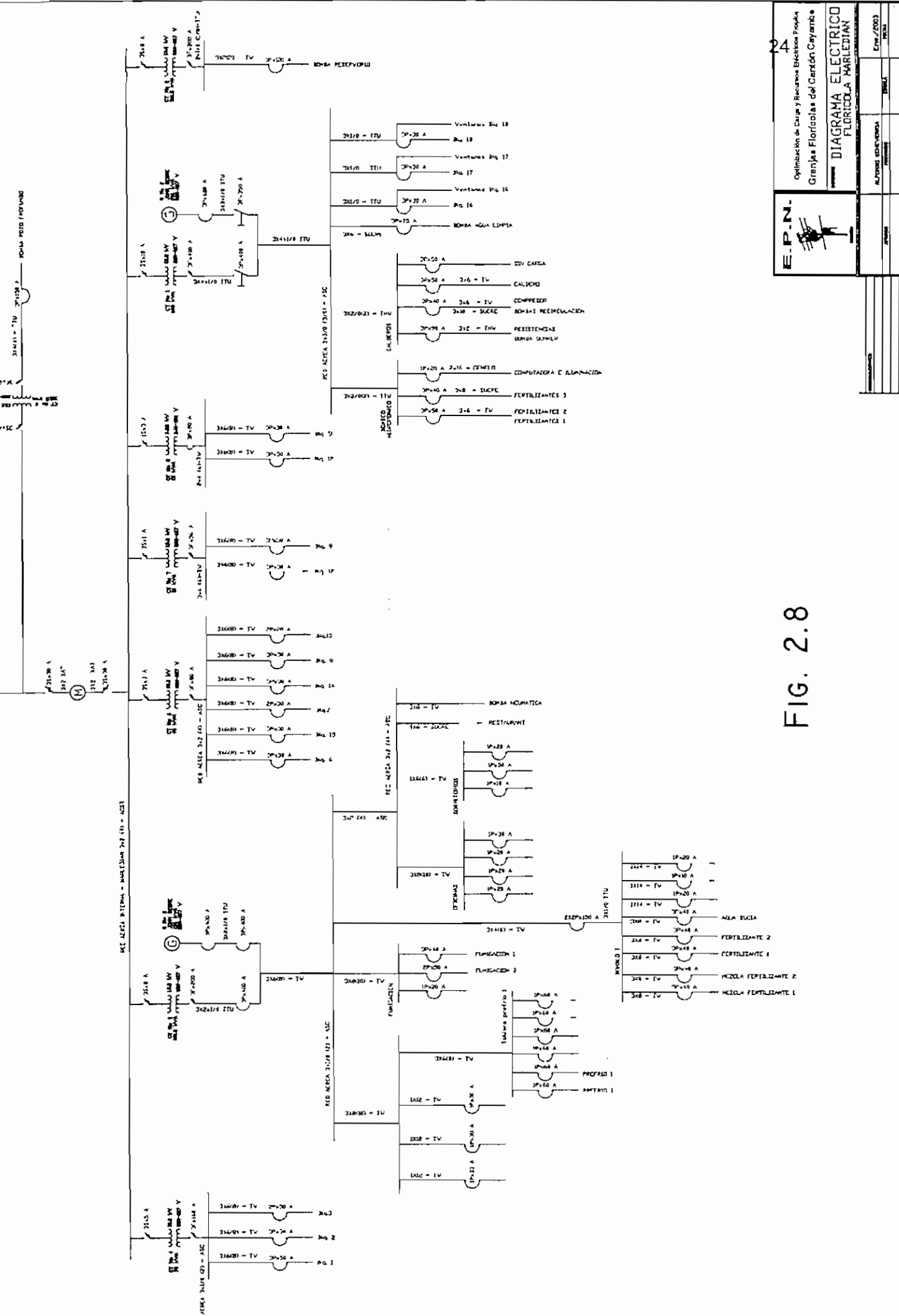
La razón de no colocar el data logger en los transformadores que alimentan únicamente sublimación, es que conocida la potencia de consumo por bloque y las horas de trabajo diarias, se puede por medio del voltaje registrado en un intervalo de tiempo por el data logger conectado a otro transformador cuya curva de carga es desconocida, simular el comportamiento de la carga resistiva que este transformador tendría en ese mismo instante.

El data logger a usarse es el ABB A1RLQ+, medidor de potencia, energía y calidad de energía que tiene un grado de precisión de 0.2, es decir un error máximo del 2%, el intervalo de medición y registro ha sido programado en 15 minutos.

#### **2.4.3 Levantamiento del diagrama unifilar de la Florícola Marledión.**

Para completar el proceso de recolección de información acerca de la ubicación, potencia y comportamiento de la carga, se ha elaborado el diagrama unifilar de la plantación, donde de manera general se indica el centro de transformación, sus datos, protecciones y características de cada una de las cargas a éste conectadas, este diagrama se muestra a continuación en la *FIGURA 2.8:*





RES AREA BIENNA - MAXIMIZACION 2x2 (1) = 4223

RES AREA 2x2 (2) = 4223

RES AREA 2x2 (3) = 4223

RES AREA 2x2 (4) = 4223

RES AREA 2x2 (5) = 4223

RES AREA 2x2 (6) = 4223

RES AREA 2x2 (7) = 4223

RES AREA 2x2 (8) = 4223

RES AREA 2x2 (9) = 4223

RES AREA 2x2 (10) = 4223

RES AREA 2x2 (11) = 4223

RES AREA 2x2 (12) = 4223

RES AREA 2x2 (13) = 4223

RES AREA 2x2 (14) = 4223

RES AREA 2x2 (15) = 4223

RES AREA 2x2 (16) = 4223

RES AREA 2x2 (17) = 4223

RES AREA 2x2 (18) = 4223

RES AREA 2x2 (19) = 4223

RES AREA 2x2 (20) = 4223

RES AREA 2x2 (21) = 4223

RES AREA 2x2 (22) = 4223

RES AREA 2x2 (23) = 4223

RES AREA 2x2 (24) = 4223

RES AREA 2x2 (25) = 4223

RES AREA 2x2 (26) = 4223

RES AREA 2x2 (27) = 4223

RES AREA 2x2 (28) = 4223

RES AREA 2x2 (29) = 4223

RES AREA 2x2 (30) = 4223

RES AREA 2x2 (31) = 4223

RES AREA 2x2 (32) = 4223

RES AREA 2x2 (33) = 4223

RES AREA 2x2 (34) = 4223

RES AREA 2x2 (35) = 4223

RES AREA 2x2 (36) = 4223

RES AREA 2x2 (37) = 4223

RES AREA 2x2 (38) = 4223

RES AREA 2x2 (39) = 4223

RES AREA 2x2 (40) = 4223

RES AREA 2x2 (41) = 4223

RES AREA 2x2 (42) = 4223

RES AREA 2x2 (43) = 4223

RES AREA 2x2 (44) = 4223

RES AREA 2x2 (45) = 4223

RES AREA 2x2 (46) = 4223

RES AREA 2x2 (47) = 4223

RES AREA 2x2 (48) = 4223

RES AREA 2x2 (49) = 4223

RES AREA 2x2 (50) = 4223

RES AREA 2x2 (51) = 4223

RES AREA 2x2 (52) = 4223

RES AREA 2x2 (53) = 4223

RES AREA 2x2 (54) = 4223

RES AREA 2x2 (55) = 4223

RES AREA 2x2 (56) = 4223

RES AREA 2x2 (57) = 4223

RES AREA 2x2 (58) = 4223

RES AREA 2x2 (59) = 4223

RES AREA 2x2 (60) = 4223

RES AREA 2x2 (61) = 4223

RES AREA 2x2 (62) = 4223

RES AREA 2x2 (63) = 4223

RES AREA 2x2 (64) = 4223

RES AREA 2x2 (65) = 4223

RES AREA 2x2 (66) = 4223

RES AREA 2x2 (67) = 4223

RES AREA 2x2 (68) = 4223

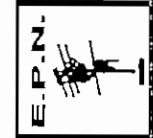


FIG. 2.8

#### 2.4.4 Cálculo de las pérdidas en transformadores, redes primarias y secundarias

Con la información de la potencia instantánea medida, la distribución de las redes secundarias, calibre y tipo de conductor, vanos entre los puntos de entrega y el tiempo de operación de cada equipo se puede calcular las pérdidas generadas en las redes de distribución y las pérdidas bajo carga de los transformadores. La metodología usada para el cálculo de pérdidas se define a continuación:

**EN TRANSFORMADORES:** Se tomó como referencia los valores dados por el fabricante, donde especifica las pérdidas en vacío y bajo carga de cada transformador.

**EN CONDUCTORES:** Con referencia en las resistencias dadas por las tablas de Phelps Dodge (Cablec) en ohms por metro de cada calibre y tipo de conductor, se usa la relación  $P = I^2 \cdot R$ , pues se conoce también la corriente que circula realmente por el conductor y su longitud.

En el *ANEXO 2.1* se puede apreciar el cálculo de pérdidas en Redes Primarias y en el *ANEXO 2.2* el cálculo de pérdidas en Redes Secundarias.

Estas pérdidas, conocidas también como efecto Joule, no son sino disipación térmica, que aunque muchas veces parece insignificante, no lo es, tal y como se puede observar en la *FIGURA 2.9.*:

Transformador (kVA)	Cantidad	Porcentaje de Carga	Pérdidas en vacío		Pérdidas en cobre	
			W	VAR	W	VAR
15	1	45%	51	353	180	205
15	1	51%	120	830	195	210
45	1	58%	216	1493	392	532
75	1	18%	255	1783	103	124
112,5	2	38%	720	2490	1120	1240
200	1	35%	515	2551	1350	1470
Total kW/kVAR/mes			1,88	9,50	3,34	3,78
Total kWh/kVARh/mes			1.351,44	6.839,69	2.314,58	2.940,91

**FIGURA 2.9.** *Pérdidas en Transformadores de Distribución en Marledíán.*

Estas pérdidas de los transformadores se calculan de la siguiente manera:

**PERDIDAS EN VACIO:** Estas pérdidas, tabuladas en las tablas del fabricante, es prácticamente invariable ya que el voltaje primario y la frecuencia varían de forma insignificante.

**PERDIDAS BAJO CARGA:** Según el porcentaje de uso o cargabilidad de cada transformador, se realiza una aproximación que obedece a una relación cuadrática con respecto a la corriente que circula. Es decir si el transformador está cargado a  $1/4$  de su capacidad nominal entonces las pérdidas en el cobre son  $1/16$  de su valor nominal descrito en las tablas publicadas por el fabricante. El porcentaje de carga se calcula a partir de la intensidad de corriente promedio en cada transformador.

#### **2.4.5 Cálculo de la energía consumida por proceso en la Florícola Marledión**

Con los datos reales recolectados, conociendo el horario de trabajo y comportamiento de cada máquina y proceso, se calcula la energía consumida. Asimismo se determina la energía perdida por efecto Joule en toda la instalación. A continuación en la *FIGURA 2.10.* se muestra el cuadro de resultados del cálculo de la energía consumida por proceso en la Florícola Marledión

Proceso	Equipo	Potencia medida (kW)	Horas de operación	Consumo kWh-mes
Calderos	Ventilador	4,07	6,5	793,65
	Bomba Bunker llama	0,34	6,5	66,30
	Resistencia	17,80	6,5	3.471,00
	Bomba Bunker tanque	4,17	6,5	813,15
	Bomba Serpentin	2,65	6,5	516,75
	Compresor	3,99	6,5	778,05
	Recirculación 1	0,87	6,5	170,43
	Recirculación 2	0,33	6,5	63,38
	Circulación 1	1,51	6,5	294,45
	Circulación 2	1,50	6,5	292,50
	Circulación 3	2,83	6,5	551,85
Bombeo-1	Mezcla fertilizantes 1	2,85	7	598,50
	Mezcla fertilizantes 2	2,17	7	455,70
	Fertilizante sector 1	7,35	7	1.543,50
	Fertilizante sector 2	6,93	7	1.455,30
	Agua Sucia	6,28	8	1.507,20
	Bomba neumática	2,90	1	87,00
Fumigación	Fumigación 1	2,36	6	424,80
	Fumigación 2	2,58	6	464,40
Bombeo hidropónico	Fertilizantes 1	5,90	6	1.062,00
	Fertilizantes 2	7,25	6	1.305,00
	Fertilizantes 3	11,20	5	1.680,00
Bombeo -2	Bombeo reservorio	14,30	9	3.861,00
	Bombeo agua limpia	22,00	7	4.620,00
Cuartos fríos	Prefrio 1	1,90	15	855,00
	Prefrio 2	2,50	15	1.125,00
Iluminación	Bloques 1-18	36,00	3,5	1.512,00
Oficinas	Oficinas	2,00	10	600,00
Ventanas	Bloques, 16, 17,18	49,58	5,5	8.180,70
Sublimadores	Bloques, 1-18	72,47	6	11.556,82
Pérdidas en transformadores	Marledian	2,33	24	2.140,62
Pérdidas en acometidas	Marledian	8,20	24	1.321,91
Pérdidas redes secundarias	Marledian	11,49	24	6.842,54
<b>Total</b>		<b>197,06</b>		<b>61.010,49</b>

FIGURA 2.10. Consumo por Proceso en Marledían.

## 2.5. BALANCE DE POTENCIA Y ENERGÍA DE LA FLORÍCOLA MARLEDIÁN

Los datos tomados a través de lecturas instantáneas de potencia activa, reactiva, factor de potencia, etc., la información del data logger y los horarios de trabajo de cada máquina y proceso, permiten realizar los cálculos de energía consumida y demanda por proceso. La información total calculada de consumo y demanda se la obtiene al sumar los procesos y las pérdidas.

Como se trata de energía y potencia calculada en un periodo mensual, la única manera de comprobar su validez y veracidad es comparándolo con el promedio de un muestreo de planillas de consumo.

Consecuentemente, el balance de potencia y energía es quien valida la información y cálculos realizados.

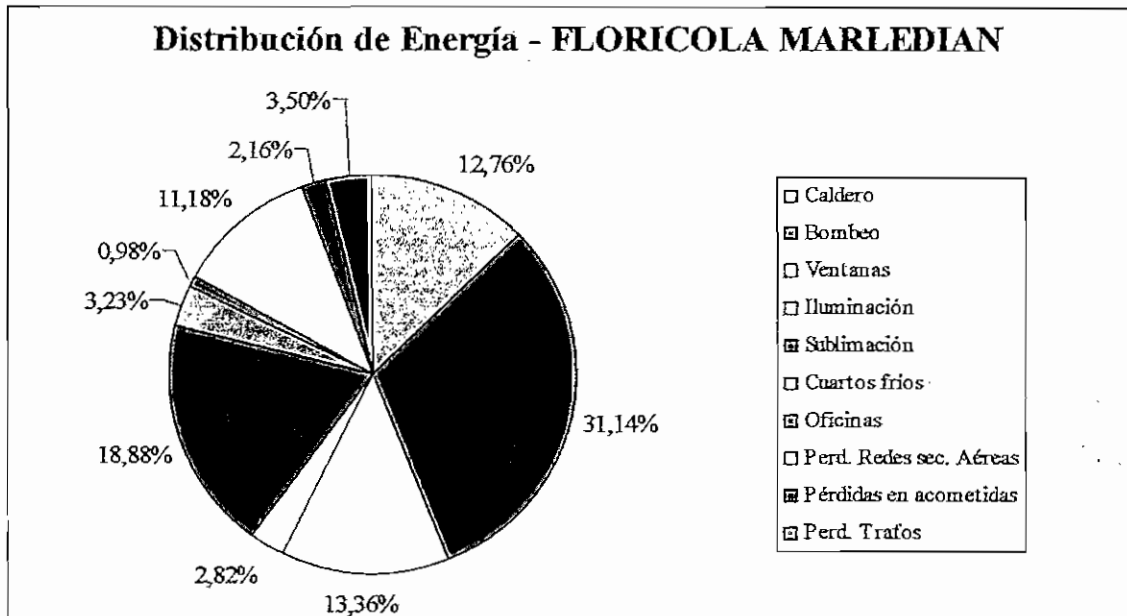
Este balance de energía y potencia se encuentra detallado en la *FIGURA 2.11.:*

Balace de Energía FINCA MARLEDIAN

Proceso	Consumo kWh	Porcentaje
Caldero	7811,51	12,76%
Bombeo	19064,40	31,14%
Ventanas	8180,70	13,36%
Iluminación	1728,00	2,82%
Sublimación	11556,82	18,88%
Cuartos fríos	1980,00	3,23%
Oficinas	600,00	0,98%
Perd. Redes sec. Aéreas	6843,00	11,18%
Pérdidas en acometidas	1322,00	2,16%
Perd. Trafos	2141,00	3,50%
<b>Total</b>	<b>61227,43</b>	<b>100,00%</b>

### Balance de Potencia FINCA MARLEDIAN

Proceso	Consumo kW	Porcentaje
Caldero	40,06	15,29%
Bombeo	94,07	35,90%
Ventanas	20,00	7,63%
Iluminación	4,50	1,72%
Sublimación	72,47	27,65%
Cuartos fríos	4,40	1,68%
Oficinas	2,00	0,76%
Perd. Redes sec. Aéreas	15,69	5,99%
Pérdidas en acometidas	6,13	2,34%
Perd. Trafos	2,74	1,04%
<b>Total</b>	<b>262,05</b>	<b>100,00%</b>



**FIGURA 2.11.** Balance de Potencia y Energía en Martedián.

## 2.6. ANÁLISIS DEL ESTADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LA FLORÍCOLA MARLEDIÁN.

En lo que respecta a los diferentes tipos de conductores utilizados para la distribución de la energía eléctrica dentro de la plantación se puede comentar:

### 2.6.1 Media tensión

El conductor se encuentra en buen estado, su templado es adecuado y no presentará problemas en temporada de verano. El calibre es el No 2 ACSR adecuado y normado por la Empresa Eléctrica local.

### 2.6.2 Baja tensión

#### 2.6.2.1 Redes aéreas

Con respecto al calibre de baja tensión se determina que es el adecuado, aunque presenta distancias considerables y cargas considerables que hacen disipar mucho calor por la resistencia interna que presenta los cables, pérdidas del 5.99% en potencia y 11.18 % en energía con respecto al total.

El calibre 1/0 AWG tipo ASC utilizado en la red de baja tensión que se distribuye del transformador de 112.5 kVA de postcosecha, presenta una caída de tensión del 5.5 %, voltaje que es adecuado debido a que los motores pueden funcionar en un rango del 10 % de variación e tensión, aunque para las condiciones normales de operación y de caídas de tensión admisibles, estas no deberían superar el 3.5 %.

El calibre 3/0 utilizado en la red del transformador de 200 kVA, tiene una caída de tensión hasta calderos del 6.3 % debido principalmente a la distancia (150 m aprox.) hasta la carga, en esta zona se disipa mucha energía a manera de calor.

El conductor utilizado en la red de baja tensión que alimenta a los sublimadores de calibre No 2, es adecuado para las cargas que se distribuye a cada bloque.

#### **2.6.2.2 Acometidas.**

Con respecto a las acometidas éstas se encuentran bien dimensionadas a excepción de la acometida que alimentan a la estación de bombeo 1 que se encuentra subdimensionada, ya que por el cableado circula 84 A, cuando su capacidad de conducción máxima es de 70 A.

En lo que respecta a las acometidas de tipo subterráneo, es necesario cambiar el conductor TW por uno de tipo TTU, conductor que es adecuado para que sea enterrado en el suelo. Con lo que se evitará cualquier cortocircuito.

El motivo de algunos cortocircuitos reportados se debe a que la manguera por donde pasan los cables con el tiempo se rompen con lo cual ingresan medios contaminantes a tomar contacto directo con el aislamiento de los cables lo que producirá con el tiempo su deterioro y el cortocircuito no deseado.

#### **2.6.2.3 Motores Eléctricos**

El estado general de los motores eléctricos es bueno, no se encuentran sobrecargados, el calentamiento de sus bobinados es tolerable, los ejes se encuentran bien centrados, no se detecta falla en los rodamientos.



Los sistemas de transmisión engranajes, reductores o bandas se encuentran correctamente lubricados y mantenidos.

Muy pocas máquinas han sido rebobinadas, y sólo un motor se encuentra visiblemente sobrecargado, es el caso de la bomba de agua limpia, que coincidentemente ya ha sido rebobinada.

Los motores que accionan los ventiladores y compresores del pre-frío están trabajando en óptimas condiciones.

Todo cuando tiene que ver con motores y equipo de baja tensión al cual se puede tener acceso sin necesidad de subirse a un poste, está correctamente conservado por el personal de mantenimiento de la plantación.

## 2.7. ÍNDICES DE CALIDAD DE EXPLOTACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FLORÍCOLA MARLEDIÁN.

Los siguientes índices típicos que se analizan, determinan la calidad de uso de la energía eléctrica dentro de la Florícola:

- Factor de carga
- Factor de potencia
- Calidad del servicio

### 2.7.1 Factor de carga

El factor de carga expresa la relación del consumo de energía versus su demanda máxima en un período de consumo, el factor de carga puede ser diario, semanal, mensual o anual. Un factor de carga bajo implica un pico de carga alto con relación a la demanda promedio, esto se debe a que la varias máquinas o procesos de alto consumo entran a operar al mismo tiempo.

El factor de carga de Marledián para el mes de marzo de 2003 fue de 0.43, lo que implica un pico de demanda muy alto, con una demanda media relativamente baja, el responsable del 25 % de este pico es la carga de sublimadores, como se pudo apreciar en la *FIGURA 2.11*.

En la *FIGURA 2.12*. se presenta un histórico del factor de carga de la Florícola, que obviamente es bajo:

Mes	Energía (kWh)	Demanda (kW)	Factor de carga
mar-02	49530	175	0,380
feb-02	67056	206	0,484
ene-02	73914	213	0,466
dic-01	65151	221	0,396
nov-01	59436	206	0,401
oct-01	67056	213	0,423
sep-01	69723	202	0,479
ago-01	66294	206	0,433
jul-01	68961	206	0,450
Promedio	65235,7	221	0,397

FIGURA 2.12. Registro Histórico del Factor de Carga de Marledíán.

### 2.7.2 Factor de potencia

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa consumida por un equipo y la potencia aparente requerida por este mismo equipo para realizar el trabajo.

El bajo factor de potencia de una instalación eléctrica implica:

- Aumentar las pérdidas en los conductores, pues aumenta la corriente que circula al disminuir el factor de potencia
- Disminuir la calidad del voltaje, debido al aumento de la caída de voltaje por incremento de la corriente.
- Sobrecalentamiento de los motores, debido al bajo voltaje de alimentación que obliga a aumentar la corriente para mantener la potencia mecánica al eje.
- Pérdida de vida útil de los equipos, al calentarse los bobinados se deteriora su aislamiento.

Los equipos responsables de un bajo factor de potencia en las florícolas son especialmente:

- Motores de Bombas

- Motores de Ventiladores
- Motores de Compresores en Cuartos fríos
- Transformadores de distribución

El factor de potencia promedio de Marledión según las planillas de EMELNORTE es de 0.921, factor de potencia que se encuentra al límite de la penalización básica (0.92).

La razón del buen factor de potencia es la carga netamente resistiva de los sublimadores que compensa el bajo factor de potencia de los demás equipos.

Del levantamiento de carga realizado con el data logger la Florícola Marledión actualmente tiene problemas de bajo factor de potencia en el transformador de 112.5 kVA de Postcosecha y 200 kVA que alimenta a calderos, ventanas y bombeo.

## 2.8. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL ACTUAL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA FINCA MARLEDIÁN A PARTIR DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA.

En esta etapa del estudio se definirán los procedimientos para determinar en que sectores de consumo es necesario o conveniente el cambio de configuraciones y equipos a partir de la información recopilada y calculada en los títulos anteriores.

Se tratarán independientemente cada uno de los procesos de producción y sectores de consumo.

### 2.8.1 Sustitución de motores.

Para analizar la posibilidad de sustituir un motor eléctrico, primeramente se debe evaluar su eficiencia. Una vez calculada la eficiencia de cada motor, se determina las pérdidas anuales en energía y luego con su cuantificación y valoración se puede determinar si conviene o no realizar este cambio.

Estimando la vida útil de un motor eléctrico normal en 5 años, se puede tener una referencia que permita evaluar si el tiempo de recuperación de la inversión es conveniente.

Para calcular la eficiencia de cada motor, se toma en cuenta la *FIGURA 2.13.*, cuadro editado por Merlin Gerin (Schneider Electric) para determinar de forma aproximada la eficiencia de un motor en función de su carga de trabajo:

Carga	Rendimiento
25%	0.75
50%	0.82
75%	0.86
100%	0.88
125%	0.82
150%	0.79

**FIGURA 2.13.** Rendimiento de los Motores en función de su carga real.

Según este criterio y tomando en cuenta la información recogida en cada uno de los motores, potencia de placa y potencia medida, se puede determinar el rendimiento de cada uno de los motores por interpolación con los valores de la tabla anterior.

#### **2.8.1.1 Sustitución de motores en bombeo.**

El análisis se realizará comparando los motores actuales versus los motores de alta eficiencia y alto factor de potencia que se fabrican hoy en día, cuyo rendimiento es del 90%.

En el caso de los motores sobrecargados y subcargados, estos deberán ser reemplazados por otros bien dimensionados y de alta eficiencia en donde se analizará como variable económica la disminución de pérdidas, siendo rentable la sustitución de motores en los que trabajan sobrecargados o subcargados y durante períodos largos de trabajo.

A continuación en la *FIGURA 2.14.* se muestra el resultado del cálculo realizado para determinar la eficiencia, siguiendo la metodología descrita anteriormente:

Proceso	Equipo	Potencia Nominal kw	Potencia Medida kw	Rendimiento %	Observación	Pérdidas kw
Bombeo-1	Mezcla fertilizantes 1	3,7	2,85	67,78	Subcargado	0,63
	Mezcla fertilizantes 2	3,7	2,17	67,25	Subcargado	0,49
	Fertilizante sector 1	7,5	7,35	86,24		
	Fertilizante sector 2	7,5	6,93	81,31		
	Agua Sucia	7,5	6,28	73,69	Subcargado	1,02
	Bomba neumática	5,60	2,9	59,43	Subcargado	0,89
Fumigación	Fumigación 1	7,5	1,18	47,20	Subcargado	0,51
	Fumigación 2	7,5	1,29	51,60	Subcargado	0,50
Bombeo hidropónico	Fertilizantes 1	7,5	5,9	69,23		1,23
	Fertilizantes 2	7,5	7,25	85,07		
	Fertilizantes 3	11	11,2	66,79	Sobrecargado	2,60
Bombeo -2	Bombeo reservorio	31	14,3	75,65	Subcargado	2,05
	Bombeo agua limpia	22	22	88,00		0,44

**FIGURA 2.14.** Rendimiento real de los motores de Bombeo en Marledián.

Los motores cuya eficiencia calculada es menor al 75%, son tomados en cuenta, para realizar el cálculo de las pérdidas económicas se escribe el excedente de pérdidas con respecto a un motor de alta eficiencia (90%), el estudio de reemplazo y recuperación del capital se analiza posteriormente.

### 2.8.1.2 Sustitución de motores en Caldero.

Para el caso de los motores del Caldero, igual que en el numeral anterior, se realiza el análisis del rendimiento de los motores, con los resultados que se muestran a continuación en la **FIGURA 2.15.:**

Proceso	Equipo	Potencia Nominal kw	Potencia Medida kw	Rendimiento %	Observación	Pérdidas kw
Caldero	Ventilador	7,5	4,07	62,23	Subcargado	1,13
	Bomba Bunker llama	2,1	0,34	48,57	Subcargado	0,14
	Resistencia	20	17,8	78,32		
	Bomba Bunker tanque	5,5	4,17	66,72	Subcargado	0,97
	Bomba Serpentin	2,2	2,65	79,02		
	Compresor	3,7	3,99	70,74	Sobrecargado	0,77
	Recirculación 1	0,55	0,874	59,02	Muy Sobrecargado	0,27
	Recirculación 2	0,25	0,325	68,47	Sobrecargado	0,07
	Circulación 1	2,2	1,51	78,70		
	Circulación 2	1,1	1,5	71,82	Sobrecargado	0,27
Circulación 3	2,2	2,83	67,75	Sobrecargado	0,63	

**FIGURA 2.15.** Rendimiento real de los motores de Calderos en Martedián.

### 2.8.2 Desconexión de centros de transformación.

De entrevistas con los ingenieros agrónomos encargados de la producción de flores acerca de la incidencia y necesidad del proceso de sublimación, se llegó a la conclusión de que con o sin sublimación los resultados eran similares, calificaban de "decisión tomada al susto" la instalación de los sublimadores, y que pronto se desconectarían casi en su totalidad.

Si se realiza la eliminación del proceso de sublimación, los transformadores alimentan solo a sublimación quedarán sin carga, y la única carga que alimentarán será los reflectores.

Los reflectores sirven para el proceso de fumigación, pero no todos los bloques se fumigan de una vez, sino por etapas, de las mismas conversaciones realizadas con los técnicos, la fumigación se realiza con un solo grupo, en la que todo el grupo se encuentra fumigando un solo bloque, lo que quiere decir que solamente se prenden los reflectores de un solo bloque, para luego de terminar de fumigar un bloque, continuar con el otro pero apagando los reflectores el bloque fumigado.



Con este proceso del análisis de carga es necesario que se desconecten los transformadores de 15 , 45 y 75 kVA trifásicos. La alimentación a los reflectores de los bloques 1,2 y 3 se lo puede realizar desde el transformador de 15 kVA monofásico ubicado en los Bloques 10, 11, para lo que es necesario tender una red bifásica con neutro desde el transformador de 15 kVA monofásico hasta el transformador trifásico de 15 kVA.

Por esta nueva red se alimentará a la acometida de baja tensión de los bloques 9 y 12, para alimentar a los reflectores de los bloques 1,2 y 3 se puede llevar la energía por los cables existentes utilizados para la sublimación hasta llegar a las acometidas principales de los bloques.

De igual manera se lo debe realizar para los bloques 6, 7, 8, 13, 14 y 15, total, la corriente de los reflectores es menor a 10 amperios.

El análisis de reducción de pérdidas por la desconexión de transformadores se presenta a continuación en la *FIGURA 2.16.*:

Transformador (kVA)	Cantidad	Porcentaje de Carga	Pérdidas en vacío		Pérdidas en cobre	
			W	VAR	W	VAR
15	1	45%	51	353	180	205
15	0					
45	0					
75	0					
112,5	2	38%	720	2490	1120	1240
200	1	35%	515	2551	1350	1470
Total kW/kVAR/mes			1,29	5,39	2,65	2,92
Total kWh/kVARh/mes			925,92	3.883,46	1.908,00	2.098,80

#### CUANTIFICACION DE LA REDUCCION DE PERDIDAS

Potencia	1,28 kw	4,97 kVAr
Energía	922,32 kWh-mes	3579,75 kVArh-mes

*FIGURA 2.16.* Reducción de Pérdidas en Centros de Transformación siguiendo las recomendaciones del Estudio Eléctrico a Marledían

### 2.8.3 Modificaciones en las redes de baja tensión y acometidas

Una red construida para alimentar una carga presenta problemas y pérdidas técnicas y económicas básicamente por las siguientes razones:

- Subdimensionamiento.
- Acometidas largas.
- Bajo Factor de potencia de la carga.
- Inconvenientes tarifarios

Ante esta realidad es necesario realizar modificaciones en las redes de distribución de MT y BT siempre y cuando se haya comprobado su necesidad.

Analizando con criterio técnico la ubicación de los centros de transformación y de la carga, se puede calificar la validez del diseño de alimentación eléctrica en MT o BT. Mejor aún, conociendo las pérdidas que implica este diseño se analiza su conveniencia técnica y económica.

Para el caso de la finca Marledián se sugiere realizar las siguientes modificaciones:

#### 2.8.3.1 Alimentación del pozo profundo con la red interna en media tensión de Marledián.

Por razones de comodidad de la empresa distribuidora EMELNORTE y debido a la cantidad de líneas medio voltaje que cruzan la plantación, la Florícola Marledián mensualmente recibe dos cartas de consumo de energía eléctrica, una del total de la plantación y otra de un transformador montado para alimentar una bomba de pozo profundo a 460 voltios.

Como es de esperarse, a pesar de que la bomba trabaja pocos meses al año y el consumo de energía de la mayoría de cartas es sólo por pérdidas del transformador, mensualmente aparece en la Factura el Rubro "Demanda

Facturable”, ítem que a pesar de su legalidad, causa un perjuicio económico a la empresa.

Inicialmente este pozo profundo debió haber sido alimentado por la misma red interna de la plantación y no crear otra cuenta aparte sabiendo los inconvenientes que esto representa.

Con el control de la demanda e ingresando el pozo profundo en horas de baja carga se controla la demanda, para lo cual es necesario construir una red aérea desde el transformador de 112.5 kVA de postcosecha a la red que alimenta el pozo profundo, debiendo desconectar la alimentación actual de la red de EMELNORTE.

En la *FIGURA 2.17.* se presenta cual sería la conexión con la red interna de media tensión para alimentar al centro de transformación de pozo profundo.

SIMBOLOGIA

- POSTE 11 m.
- POSTE 9 m.
- ▶ TRANSFORMADOR
- CH ▶ CAMARA DE MEDICION
- RED MEDIA TENSION - MARLEDIAN
- - - RED MEDIA TENSION - EMELNORTE
- RED MEDIA TENSION - EMELNORTE

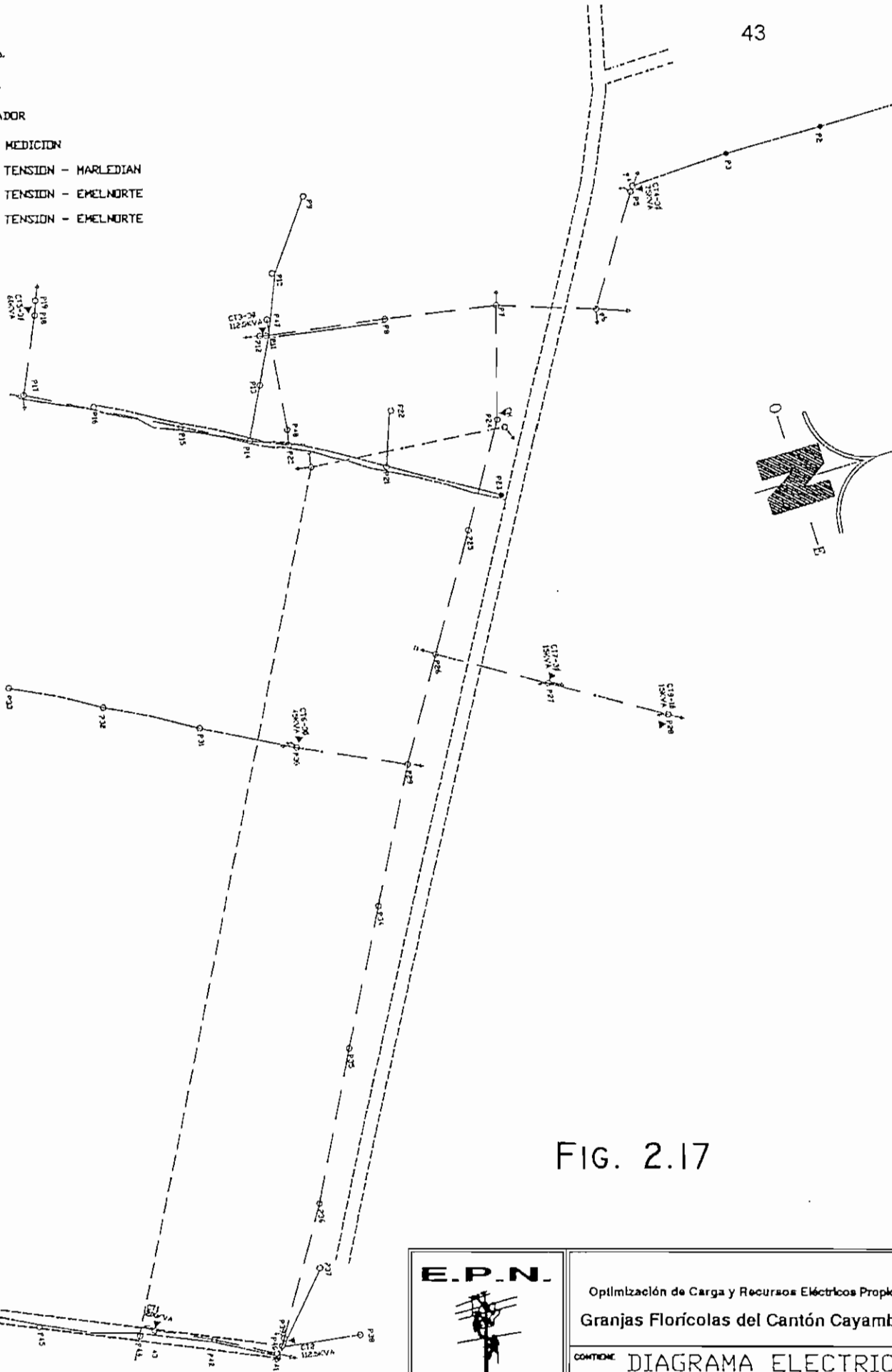



FIG. 2.17

 <p><b>E.P.N.</b></p>	<p style="text-align: center;">Optimización de Carga y Recursos Eléctricos Propio Granjas Florícolas del Cantón Cayamb</p>		
<p>DISERIO</p>	<p style="text-align: center;">CONTIENE <b>DIAGRAMA ELECTRIC FLORICOLA MARLEDIAN</b></p>		

	ALFONSO ECHEVERRIA		Ene./2003
APROBO	PROYECTO	ESCALA	FECHA
		HOJA 1 DE 1	

### **2.8.3.2 Modificaciones en Calderos y Bombeo Hidropónico.**

Actualmente la red de baja tensión que alimenta a calderos y bombeo hidropónico se alimenta desde el transformador de 200 kVA ubicado atrás del bloque 17, con un vano de 230 metros en cable 3/0 ASC, lo que produce una caída de tensión de 15 voltios, que incrementa la corriente de los motores y peor aún trabaja a bajo factor de potencia (0.85), lo que se refleja en pérdidas en energía para la Florícola y un incremento de la demanda por los kw de pérdidas.

El horario de trabajo de calderos es desde las 00:00 hasta las 06:00 con una demanda promedio de 40 kW y un factor de potencia de 0.92.

Si consideramos que el transformador de 112.5 kVA no presenta carga en estas horas porque únicamente alimenta la bomba del reservorio de riego, se podría pensar en organizar la carga.

Se sugiere entonces conectar al transformador de 112,5 kVA la carga del bombeo de reservorio, agua limpia y bombeo hidropónico cuya magnitud es de 60.65 kW con un factor de potencia de 0.90 en el peor de los casos, es decir, cuando la demanda sea coincidente; del mismo transformador, durante la noche se alimentará a los calderos.

La alimentación a bombeo hidropónico como caldero se realizará por la red existente, sólo hace falta desconectar de un lado y conectar en otro los puentes existentes.

### **2.8.3.3 Modificaciones en Bombeo a Reservorio y Agua Limpia.**

En la Plantación de Marledíán existe en bodega un poste de 9 m, el mismo que puede servir para realizar la nueva acometida aérea a las bombas de reservorio y agua limpia, evitando de esta manera acometidas largas, con lo cual se disminuye las pérdidas por calor.

Es necesario realizar la acometida principal al cuarto de bombeo con cable TTU 1/0. El centro de transformación que alimentará este centro de bombeo será desde el transformador de 112.5 kVA ubicado frente al reservorio

Para casos de alimentación con el grupo de emergencia es necesario construir una transferencia manual con dos breakers de 200 A bajo el transformador de 112.5 kVA.

En la *FIGURA 2.18.* se presenta la reducción de pérdidas que se obtiene con las nuevas configuraciones de la red de baja tensión.

### Análisis de Reducción de Pérdidas en Redes Secundarias con las modificaciones sugeridas

Transformador (kVA)	Ubicación	Proceso	Hora	Potencia efectiva (kW)	fp	I (A)	Longitud (m)	Calibre (AWG)	r (ohm/m)	R (ohm)	Pérdidas (W)	Pérdidas (kWh)	
112,5	Postcosecha	Fumigación	02:00-07:00 a.m	4,94	0,45	52,28	60	1/0	0,000696	0,0418	342,39	51,36	
112,5	Postcosecha	Bombeo-1	07:00-15:00 am	2,58	0,85	143,31	60	1/0	0,000696	0,0418	2573,11	617,55	
112,5	Potcosecha	Cuartos fríos-bomba neumática-oficinas	07:00-03:00 am	9,3	0,75	59,05	30	1/0	0,000696	0,0209	218,43	26,21	
112,5	Potcosecha	Bomba neumática-oficinas	07:00-03:00 am	4,9	0,75	31,11	80	2	0,0010	0,0820	238,22	11,43	
112,5	Potcosecha	Bomba neumática	00:00-24:00 am	2,9	0,8	17,26	50	2	0,0010	0,0513	45,83	0,69	
112,5	Potcosecha	Cuartos fríos	00:00-24:00 am	4,4	0,75	27,94	30	1/0	0,0007	0,0209	48,89	14,08	
112,5	Reservorio	Bomba riego	00:00-24:00 am	14,3	0,86	79,18	25	1/0	0,0010	0,0256	482,20	138,87	
112,5	Reservorio	Calderos	00:00-06:00	40	0,85	224,09	50	3/0	0,00045	0,0225	3384,68	609,24	
112,5	Reservorio	Bombeo hidropónico + Bomba agua Limpia	07:00-13:00	46,35	0,91	242,54	50	3/0	0,00045	0,0225	3965,08	713,71	
200	Bloque 17	Ventanas	00:00-24:00	16,53	0,99	79,49	50	3/0	0,00045	0,0225	425,93	51,11	
200	Bloque 17	Ventanas	00:00-24:00	33,05	0,99	158,99	50	3/0	0,00045	0,0225	1703,71	102,22	
200	Bloque 17	Ventanas	00:00-24:00	16,53	0,99	79,49	100	3/0	0,00045	0,0449	851,85	102,22	
Total pérdidas en redes áreas a 220 V implementando las modificaciones sugeridas en el Estudio												4855	2438,71

	kw	kwh-mes
PERDIDAS CON LA CONFIGURACION ORIGINAL:	11,49	5362,49
PERDIDAS PROYECTADAS CON LA NUEVA CONFIGURACION:	4,86	2438,71
AHORRO NETO PROYECTADO:	6,63	2923,78

FIGURA 2.18. Reducción de Pérdidas al implementar las modificaciones sugeridas en las redes secundarias sugeridas en el Estudio Eléctrico en Marledrán

## **2.8.4 Análisis del Factor de Potencia de la Florícola Marledión**

El Bajo Factor de Potencia se presenta por la instalación de:

- Motores asíncronos.
- Equipo de Refrigeración.
- Iluminación fluorescente o vapor de mercurio.
- Transformadores.
- Conductores.

Como solucionarlo:

Se tomará en cuenta dos tipos de compensación reactiva que pueden ser aplicados al caso específico de Marledión

### **2.8.4.1 Capacitores Fijos**

- Instalación individual para motores asíncronos mayores a 20 kW
- Instalación general o en tableros donde su potencia activa, sea mayor a 20 kW constantes.

### **2.8.4.2 Capacitores Variables**

- Procesos productivos que implican cargas eléctricas grandes y con comportamiento variable.
- Generalmente instalados en tableros de distribución con cargas mayores a 40 kW o al pie de Torres de Transformación.

### **2.8.4.3 Beneficios al mejorar del factor de potencia**



Disminución de pérdidas por exceso de circulación de corriente con el consiguiente aumento de la capacidad en:

- Conductores
- Barras
- Transformadores

Mejorar del nivel de voltaje en la carga implica:

- Reducción de pérdidas en los motores.
- Mejor funcionamiento de los motores por la presencia de un voltaje más estable
- Aumento en la vida útil de los equipos

#### **2.8.4.4 Dónde mejorar el factor de potencia?**

En sitios que según el estudio así lo requieran, de esta forma se logra reducir las pérdidas en redes secundarias.

Las características de los bancos de capacitores que se sugiere instalar en Marledíán, su capacidad y aplicación consta en detalle más adelante en el análisis de inversiones.

La reducción de pérdidas en las redes secundarias motivo de la mejora en el factor de potencia se detalla en la *FIGURA 2.19*:

### Análisis de Reducción de Pérdidas en Redes Secundarias con el Incremento del Factor de Potencia

Transformador (kVA)	Ubicación	Proceso	Hora	Potencia efectiva (kW)	fp	I (A)	Longitud (m)	Calibre (AWG)	r(ohm/m)	R(ohm)	Pérdidas (W)	Pérdidas (kWh)
112,5	Postcosecha	Fumigación	02:00-07:00 a.m.	4,94	0,95	24,19	60	1/0	0,000696	0,0418	73,29	10,99
112,5	Postcosecha	Bombeo-1	07:00-15:00 am	25,58	0,97	122,66	60	1/0	0,000696	0,0418	1885,02	452,40
112,5	Pots cosecha	Cuartos filos-bomba neumática-oficinas	07:00-03:00 am	9,3	0,95	45,53	30	1/0	0,000696	0,0209	129,88	15,59
112,5	Pots cosecha	Bomba neumática-oficinas	07:00-03:00 am	4,9	0,95	24,22	80	2	0,0010	0,0820	144,32	6,93
112,5	Pots cosecha	Bomba neumática	00:00-24:00 am	2,9	0,95	14,54	50	2	0,0010	0,0513	32,50	0,49
112,5	Pots cosecha	Cuartos filos	00:00-24:00 am	4,4	0,95	21,54	30	1/0	0,0007	0,0209	29,07	8,37
112,5	Reservorio	Bomba riego	00:00-24:00 am	14,3	0,97	67,94	25	1/0	0,0010	0,0256	354,98	102,23
112,5	Reservorio	Calderos	00:00-06:00	40	0,97	191,80	50	3/0	0,00045	0,0225	2479,55	446,32
112,5	Reservorio	Bombeo hidropónico + Bomba agua Limpia	07:00-13:00	46,35	0,98	219,98	50	3/0	0,00045	0,0225	3261,70	587,11
200	Bloque 17	Ventanas	00:00-24:00	16,53	0,99	79,49	50	3/0	0,00045	0,0225	425,93	51,11
200	Bloque 17	Ventanas	00:00-24:00	33,05	0,99	158,99	50	3/0	0,00045	0,0225	1703,71	102,22
200	Bloque 17	Ventanas	00:00-24:00	16,53	0,99	79,49	100	3/0	0,00045	0,0449	851,85	102,22
Total pérdidas en redes areas a 220 V											3866	1885,99

	kW	kwh-mes
PERDIDAS CON LA CONFIGURACION ORIGINAL:	11,49	5362,49
PERDIDAS PROYECTADAS CON LA NUEVA CONFIGURACION + CORRECCION DEL BAJO FP:	3,87	1885,99
AHORRO NETO PROYECTADO:	7,62	3476,50

**FIGURA 2.19.** Reducción de Pérdidas al implementar las modificaciones en las redes secundarias más la corrección del Bajo Factor de Potencia, sugeridas en el Estudio Eléctrico en Marledrán

### 2.8.5 Análisis de la Iluminación

Debido a que el trabajo de la plantación se realiza mayoritariamente en horas del día, el consumo de energía en iluminación en Marledían es mínimo y no necesita ser modificado.

### 2.8.6 Análisis de protecciones en MT y BT

Se realizó el levantamiento de todo el equipo de protección donde se tomaron los siguientes datos:

- Ubicación de los elementos de interrupción y protección
- Dimensionamiento de éstos elementos

**Para la red de MT** la protección tanto a la entrada de la finca como de cada uno de los transformadores se la realiza a través de tirafusibles, sobredimensionados en un 50% al valor nominal de la corriente del transformador en MT.

**En la red de BT** la protección bajo el transformador es el fusible lento tipo NH. Está dimensionado generalmente con una sobrecarga del 25% y se soporta en bases portafusibles ubicadas en capacetes de hierro tol ubicadas bajo cada transformador.

Es de anotar que todos los fusibles, tanto de MT como de BT están visiblemente oxidados, y se ordenó su limpieza al personal de mantenimiento, para evitar sobrecalentamientos en las uniones.

Por otro lado, para distribución terminal se utiliza los breakers o interruptores termomagnéticos.

Se ha comprobado que cuando el interruptor termomagnético es del tipo extraíble y se ubica en algún tablero centro de carga, inmediatamente aguas

abajo del transformador, la selectividad es total con respecto al fusible del transformador.

Cuando se trata de interruptores caja moldeada que se alimentan directamente de la salida del transformador y a través de ramificaciones conducen la corriente a otros circuitos aguas abajo, debido a errores de dimensionamiento, la selectividad es parcial y no garantiza la continuidad del servicio.

Debido al alto costo que representaría conseguir la selectividad total en zonas como la sala de máquinas de los calderos, únicamente mencionó esta deficiencia para explicar posibles fallas futuras.

Las protecciones de los equipos instalados en la planta de Marledíán se detallan en el diagrama unifilar que se presenta a en el numeral 2.4.3.

## **2.9 Control de la Demanda.**

Siendo uno de los más fuertes rubros dentro de la planilla de consumo eléctrico, la demanda puede ser objeto de reducción, esto se logra organizando la entrada y salida de carga, de forma que se evite la coincidencia de cargas importantes siempre y cuando sea posible.

Este Control de Demanda no debe afectar los procesos productivos y su cumplimiento debe ser infalible, pues la demanda máxima registrada en cualquier intervalo de medición de 15 minutos es válida para todo el mes de facturación.

### **2.9.1 Perfil de Carga Actual.**

De acuerdo a las planillas de EMELNORTE, la florícola Marledión reduce su demanda a 175 kW para el mes de marzo, mientras que para los otros meses supera los 200 kW, llegando a tener demandas de hasta 221 kW, tal como consta en el ítem 2.7.1 en el cuadro de Factor de Carga Histórico de Marledión.

La curva o perfil de carga que se aprecia a continuación en la *FIGURA 2.20*, corresponde a un día normal de trabajo, curva registrada con el equipo de medición en la entrada principal de la plantación.

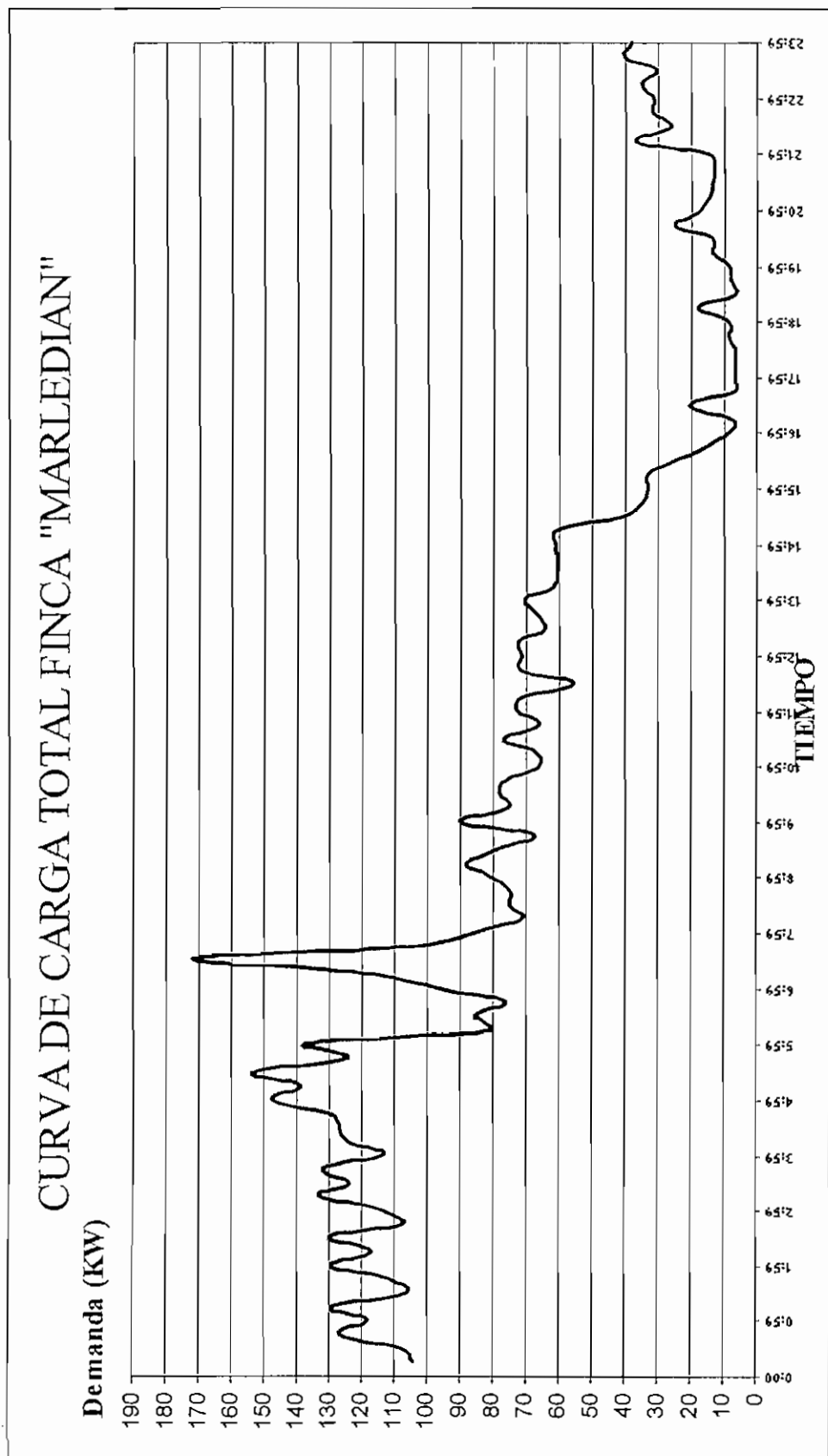


FIGURA 2.20. Perfil de Carga Total, tomado con el Equipo ABB A1RLQ+ en el punto de entrega de energía eléctrica para la finca de Marledian

### 2.9.2 Curva de Carga aplicando el Estudio Eléctrico.

Para lograr reducir el pico de carga, sin tomar en cuenta la carga de sublimación que en un futuro inmediato será suspendida, es necesario seguir las siguientes recomendaciones:

- a) El proceso de fumigación empiece a las 02:00 hasta las 06:00 de cada día.
- b) El bombeo de Postcosecha empiece su labor a las 07:30 hasta las 15:30.
- c) Para el caso del bombeo hidropónico es necesario que se mantenga su horario habitual de trabajo.
- d) En lo que respecta al pozo profundo se ha determinado que sus horas de operación debe ser desde las 15:00 hasta las 23:00.
- e) También es necesario que la bomba el reservorio junto a calderos se prenda luego de que se apague el caldero.

Con estos cambios en la operación diaria se reduce el pico de demanda en 85 kW, además se reducirá las pérdidas de energía alrededor de 6000 kWh, lo que implica una reducción de USD 1200 mensuales en la carta de consumo.

En la *FIGURA 2.21*. se puede observar la curva de carga esperada al aplicar las recomendaciones descritas anteriormente.

En el ANEXO 2.3 se puede apreciar las curvas individuales esperadas para cada uno de los procesos productivos en la finca Marledián, datos con los cuales se arma la curva de carga esperada que muestra la figura 2.21.

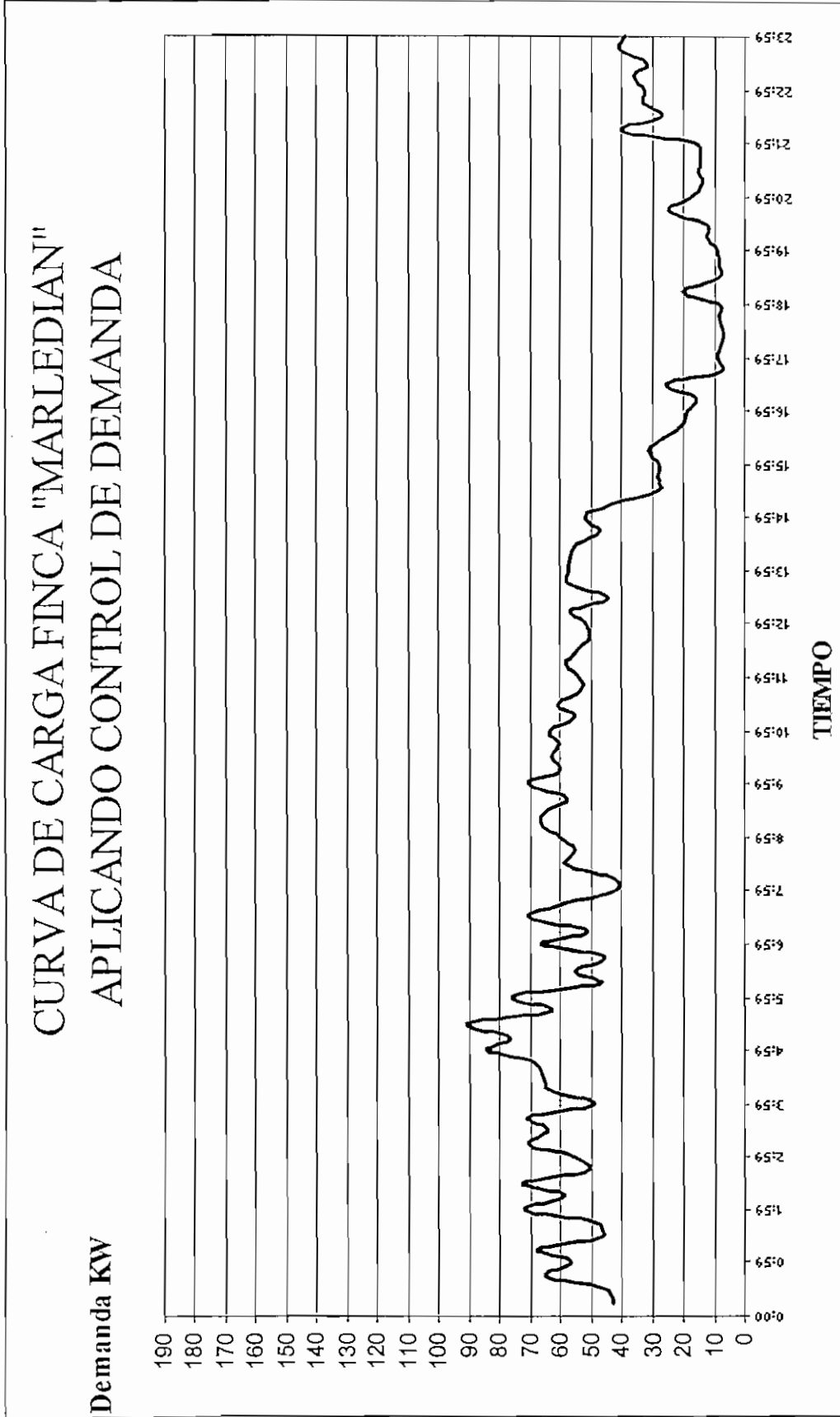


FIGURA 2.21. Perfil de Carga Total Proyectado con el Estudio, armada al sumar las curvas individuales del anexo 2.3, para la finca de Marledian



## 2.10. Cuantificación de los Beneficios Económicos Proyectados con la Optimización del Sistema Eléctrico en la Finca Marledión.

El objetivo principal del estudio eléctrico se ve cuantificado en el presente resumen, cuando después de organizar toda la información recogida y analizarla con criterios técnicos definidos se consigue determinar las acciones a tomarse para lograr la optimización del sistema.

### 2.10.1 Optimización de Motores

La FIGURA 2.22. muestra el costo del reemplazo de los motores eléctricos y el número de años que tomaría recuperar la inversión con beneficio económico a obtener por la reducción de pérdidas:

Proceso	Equipo	Pot. Nom. (kW)	Reducción Pérd. (kW)	Horas de operación	US \$/año	Cto Motor usd	Tiempo de recuperac (años)	Observac.
Caldero	Blower	7,5	1,130	6	250,13	780	2,80	Sustituible
	Bunker llama	2,1	0,141	6	31,17	234	5,67	
	Bunker tanque	5,5	0,971	6	214,80	600	2,55	Sustituible
Bombeo-1	Mezcla fert sect1	7,5	0,633	6	140,10	780	4,52	
	Mezcla fert sect2	7,5	0,494	6	109,23	780	5,46	
	Agua Sucia	7,5	1,025	8	302,27	780	2,38	Sustituible
	Bomba neumát.	5,60	0,886	2	65,38	600	6,55	
Fumigación	Fumigación 1	7,5	0,505	5	93,13	750	5,97	
	Fumigación 2	7,5	0,495	5	91,34	750	6,05	
Bombeo -2	Reservorio	31	2,052	9	681,01	1400	1,95	Sustituible
	Agua limpia	22	0,440	6	97,36	1915	10,69	

FIGURA 2.22. Tiempo de Recuperación de la Inversión para el caso de cambio de un motor eléctrico en Marledión.

El cálculo del tiempo de recuperación de la inversión se realiza aplicando el concepto de la anualidad, a un interés anual del 12%, con pagos anuales iguales al valor del ahorro calculado.

Analizando el cuadro y la situación económica actual de todas las empresas, se sugiere cambiar únicamente el motor del reservorio, pues con uno de menor potencia se podría realizar el mismo trabajo, pagando su costo mediante el ahorro obtenido y quedando este motor grande de 40 hp en libertad de accionar otro sistema. El ahorro que a partir del tercer año se obtiene con este reemplazo es de 680 usd por año.

### **2.10.2 Optimización de Redes Secundarias**

Con el cambio de las acometidas del transformador de 200 kVA al de 112.5 kVA se reduce las pérdidas en redes secundarias en 6.4 kW de demanda y 2729 kWh de energía mensual, lo que al costo de 5.708 USD/ KW demanda y 0.0788 USD/kWh representa un ahorro mensual de USD 36.53 en demanda y USD 215.05 en energía, dando un total de USD 251.58 por mes, sumando el 30 % de impuestos lo que da un total de USD 327 mensuales de ahorro.

### **2.10.3 Optimización de Transformadores**

Si se desconecta en el lado de media tensión los centros de transformación de 15, 45 y 75 kVA se reducen las pérdidas mensuales en 0.78 kW de demanda y 560 kWh de energía, lo que representa un costo de USD 63.15 por mes incluido impuestos.

### **2.10.4 Con la instalación de Bancos de Capacitores (Factor de potencia)**

Al suspender los sublimadores se deja de consumir gran cantidad de energía activa, lo que provocará una caída del factor de potencia, según las facturas de EMELNORTE, el factor de potencia de Marledián con sublimación tiene un promedio de 0.921, es decir, al límite de la penalización. Al quitar el sistema de sublimación el factor de potencia podría descender a 0.85, lo que

causará una penalización de USD 250 por bajo factor de potencia más el 30% de impuestos.

Además con la corrección del factor de potencia en los sitios sugeridos por el estudio se reduce las pérdidas en redes secundarias en 0.98 kW y 585 kWh, dando un valor con impuestos de USD 67,2 por mes.

El ahorro mensual de la plantación por mejorar el factor de potencia es de USD 317.2

### 2.10.5 Con el Control de Demanda.

Con las recomendaciones anteriormente anotadas, se espera reducir el pico de demanda a 90 kw, con una reducción de 81 kw del pico actual.

Obviamente esta reducción es muy beneficiosa económicamente para Marledían, pero aún se puede hacer más si se toma en cuenta lo que se expone a continuación.

El pago de la energía y demanda para la tarifa del abonado industrial con demanda se realiza de la siguiente manera:

- Un pago por energía desde las 22:00 hasta las 07:00 por un valor del 20 % menos de la tarifa real. (0.63 USD/kWh)
- Un pago por energía desde las 07:00 hasta las 22:00 por el valor real de la tarifa (0.0788 US\$/kWh)
- El pago por demanda se realiza bajo el siguiente criterio:

$$\text{Dem. fact} = \frac{\text{kW} - \text{Max } 18:00 - 22:00}{\text{kW} - \text{Max del día}}$$

Si el valor de la demanda en horas pico es inferior al 70 % del valor de la demanda máxima registrada en un intervalo de medición, se tomará como valor mínimo (o valor de facturación) el 70 % del valor máximo registrado por ese intervalo de medición (usualmente un mes), y en el caso que este factor se encuentre entre 0,7 y 1 se multiplicará este factor por la demanda máxima registrada.

En resumen si la demanda máxima registrada está fuera de horas pico, no se debe facturar esa demanda al 100% de su valor real.

El factor que reduce este pago relaciona directamente la demanda máxima en horas pico y la demanda máxima en todo el día, y el límite inferior de este factor de reducción es 70%.

Para el caso de Marledián el cuadro de demanda máxima por banda horaria se resume en los valores de la *FIGURA 2.23.*:

Bandas Horarias	Lecturas de Medición			Costos Unitarios		Costos Finales		
	Energía Consumida (kw-h/mes)	Potencia Máxima (kw)	Demanda Facturable (kw/mes)	Costo de Energía (usd/kw-h)	Costo de Demanda (usd/kw)	Costo de Energía (usd)	Costo de Demanda (usd)	
22h00 a 07h00	22162	90,82		0,0631		1398,42		
07h00 a 18h00	25170	70,64	63,57	0,0788	5,7	1983,40	362,35	
18h00 a 22h00	2198	25,18		0,0788		173,20		
<b>SUBTOTAL</b>	<b>49530</b>		<b>63,57</b>			<b>3555,02</b>	<b>362,35</b>	
<b>Total Consumo+Demanda</b>							<b>3917,37</b>	
<b>Impuestos 30%</b>							<b>1175,21</b>	
<b>TOTAL.</b>							<b>5092,58</b>	

*FIGURA 2.23. Proyección de Consumo Horario en Marledián.*

Como se puede apreciar en la Curva de Carga esperada con la aplicación del Estudio Eléctrico, (*FIGURA 2.21*) la potencia total de la florícola en horas pico es menor del 70 % de la potencia máxima en el día, entonces la demanda facturable debería realizarse al 70 % de la potencia máxima.

Para el caso de Marledíán luego de mejorar el perfil de carga la demanda máxima es de 56 kw, y de éste valor solamente se debería facturar el 70%, es decir 39,2 kw.

La demanda facturable que actualmente paga Marledíán es de 170 kw, con la implementación del Control de Demanda y acogiéndose a la facturación por bandas horarias la nueva demanda facturable es de 39 kw, lo que económicamente representa un beneficio de usd 972 mensuales incluido impuestos.

#### **2.10.6 Disminución de Costos Eliminando el Medidor del Pozo Profundo.**

Al entrar a operar el pozo profundo con la red interna de media tensión de Marledíán, se reduce el pago por demanda que recibían por parte de EMELNORTE, consuman o no consuman energía.

La operación de la bomba pozo profundo deberá operar para evitar la demanda desde las 16:00 hasta las 23:00, que son las horas de baja demanda y no afecte al pico de la demanda.

La reducción al global de los pagos de Marledíán son de US 265.5 por mes incluido impuestos.

#### **2.10.7 RESUMEN DE LOS BENEFICIOS ANUALES ESPERADOS E INVERSIONES NECESARIAS**

El resumen de ahorro de energía y reducción de la demanda se puede apreciar a continuación en la *FIGURA 2.24.*:

## Beneficios Económicos Anuales implementando el Estudio realizado

Equipo	Energía kWh-año	Demanda kW	Beneficio usd / año	Impuestos usd/año	Total usd/año
Reducción de Pérdidas Redes Secundarias	2.924	7	3.219	966	4.185
Reducción de Pérdidas Redes Secundarias, mejorando el factor de potencia	553	1	590	177	768
Reducción de pérdidas en transformadores	571	0	557	167	724
Reducción de pérdidas por sublimación	1.597	0	1.510	453	1.963
Control de demanda	0	131	8.973	2.692	11.665
Factor de Potencia			3.000	3.900	6.900
Demanda Pozo Profundo		40	2.740	822	3.562
<b>Total</b>	<b>5.644</b>	<b>179</b>	<b>20.590</b>	<b>9.177</b>	<b>29.767</b>

**FIGURA 2.24.** Resumen de Beneficios Económicos Anuales Esperados para Martedián

En la FIGURA 2.25. consta el detalle de las inversiones necesarias y el tiempo de recuperación estimado.

## Inversiones y tiempo de recuperación del Capital

Equipo	Inversión usd	Beneficio usd /año	Tiempo de recuperación (años)	Periodo de recuperación
Bombeo reservorio	1400	681,01	1,95	Mediano plazo
Read. Redes BT- Bomba reservorio	340	902,5	0,39	Corto plazo
Read. Redes BT- Cald.+ Bomb. Hidrop.	811	2444,7	0,34	Corto plazo
Red MT-Pozo Profundo	1402	3186,0	0,45	Corto plazo
Fp. Caldero y Bombeo Hidropónico	756	1027,7	0,75	Corto plazo
Fp Bomba Agua Limpia y reservorio	936	1218,0	0,78	Corto plazo
Fp Bombeo 1 y Fumigación	1133	1560,6	0,74	Corto plazo
<b>Total</b>	<b>6778</b>	<b>11020,6</b>	<b>0,63</b>	<b>Corto plazo</b>

**FIGURA 2.25.** Resumen de las Inversiones Necesarias en Martedián

La cotización de las obras y equipos necesarios para optimizar el sistema son del listado de precios del autor del presente proyecto y a la fecha se encuentran implementados en su mayoría.

## 2.11 Posibilidades de Autogeneración.

Al reorganizar la demanda de la plantación, se espera una potencia máxima de 90 kW en el peor de los casos, corrigiendo el factor de potencia de la plantación a 0.95 y tomando en cuenta una reserva del 20 % se necesitaría para el funcionamiento de toda la florícola un generador de 118 kVA.

Considerando que los generadores térmicos a diesel disminuyen su potencia con el incremento de la altura, para la zona de Cayambe la pérdida de potencia por altura es del 10 %, por lo que el generador deberá ser de una potencia no menor a 136 kVA con factor de potencia típico de estos generadores de 0.8.

El generador que se encuentra disponible en el sector de Bombeo y oficinas tiene una potencia de 156 kVA, suficiente para alimentar toda la plantación.

Necesariamente se debería transmitir esta potencia a través de la red de medio voltaje, invirtiendo el flujo a través del transformador de 112,5 kVA siempre y cuando la red de Emelnorte se encuentre desconectada.

En el Capítulo 4 se analiza los procedimientos de instalación y los resultados económicos obtenidos con la autogeneración en la Florícola Wely Flor del sector de Tupigachi.

# CAPÍTULO

3



# DIAGNOSTICO Y ESTUDIO DE CARGA ELECTRICA DE LA FLORICOLA DENMAR

## 3.1 INTRODUCCION

En este capítulo se estudia todo el sistema de alimentación eléctrica de la florícola Denmar, se determina la caracterización de la carga, su comportamiento y las pérdidas existentes; luego de un análisis técnico se sugieren adecuaciones y cambios en las instalaciones, las cuales representan un importante beneficio económico, tal y como se demuestra en el desarrollo del estudio.

Las mediciones puntuales y resultados de los cálculos se muestran en cuadros de resumen, así también las curvas de carga actuales y proyectadas, las inversiones necesarias y la relación beneficio- costo de la implementación del estudio.

## 3.2 IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE ALIMENTACION ELECTRICA

Actualmente la Florícola Denmar dispone de dos fuentes de energía eléctrica:

### 3.2.1 Red de Distribución a 13.2 kV de la Empresa Eléctrica Local.

La Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. EMELNORTE, es el Distribuidor del cual se sirve la Florícola Denmar; a través de una ramificación del alimentador número 5 de la Subestación Cayambe llega la energía al punto

de entrega a la entrada de la plantación. Como la energía consumida por la plantación debe ser distribuida en una superficie muy amplia, la red aérea de 13.2 kV, de manera interna, se extiende hasta los transformadores de distribución donde se alimenta la carga a niveles de voltaje de 120, 240 y 460 Voltios.

### 3.2.2 Grupos Electrónicos de Generación a diesel.

Los generadores de combustión interna son generalmente usados por las florícolas como grupos de emergencia y son utilizados para alimentar la carga de los procesos más críticos como cuartos fríos y riego cuando EMELNORTE por alguna razón suspende el suministro normal de energía. En Denmar existen dos grupos de generación de emergencia:

- El grupo Jhon Deere de 156 kVA se encuentra ubicado en el taller, alimenta cuartos fríos, postcosecha, y oficinas.
- El grupo Stamford de 125 kVA se encuentra ubicado tras de los calderos, suministra de energía a los Bloques 16, 17, 18, Fumigación y Caldero si es que la falla ocurre durante la noche o a las instalaciones de Bombeo de riego, Fertilización y agua limpia si es que la falla ocurre durante el día, esto es posible a través de un sistema de transferencia manual.

Marca	Ubicación	Potencia (kVA)	Potencia (kW)	Voltaje (V)	Frecuencia (hz)	Factor de potencia	rpm
Stamford	Calderos	125	100	220	60	0,8	1800
John Deere	Taller	156	125	220	60	0,8	1800

**FIGURA 3.1.** Características de los Generadores de Emergencia de Denmar.

El la *FIGURA 3.2* se muestra la configuración de la red de media tensión de Denmar y la ubicación física de todos los centros de transformación y grupos generadores.

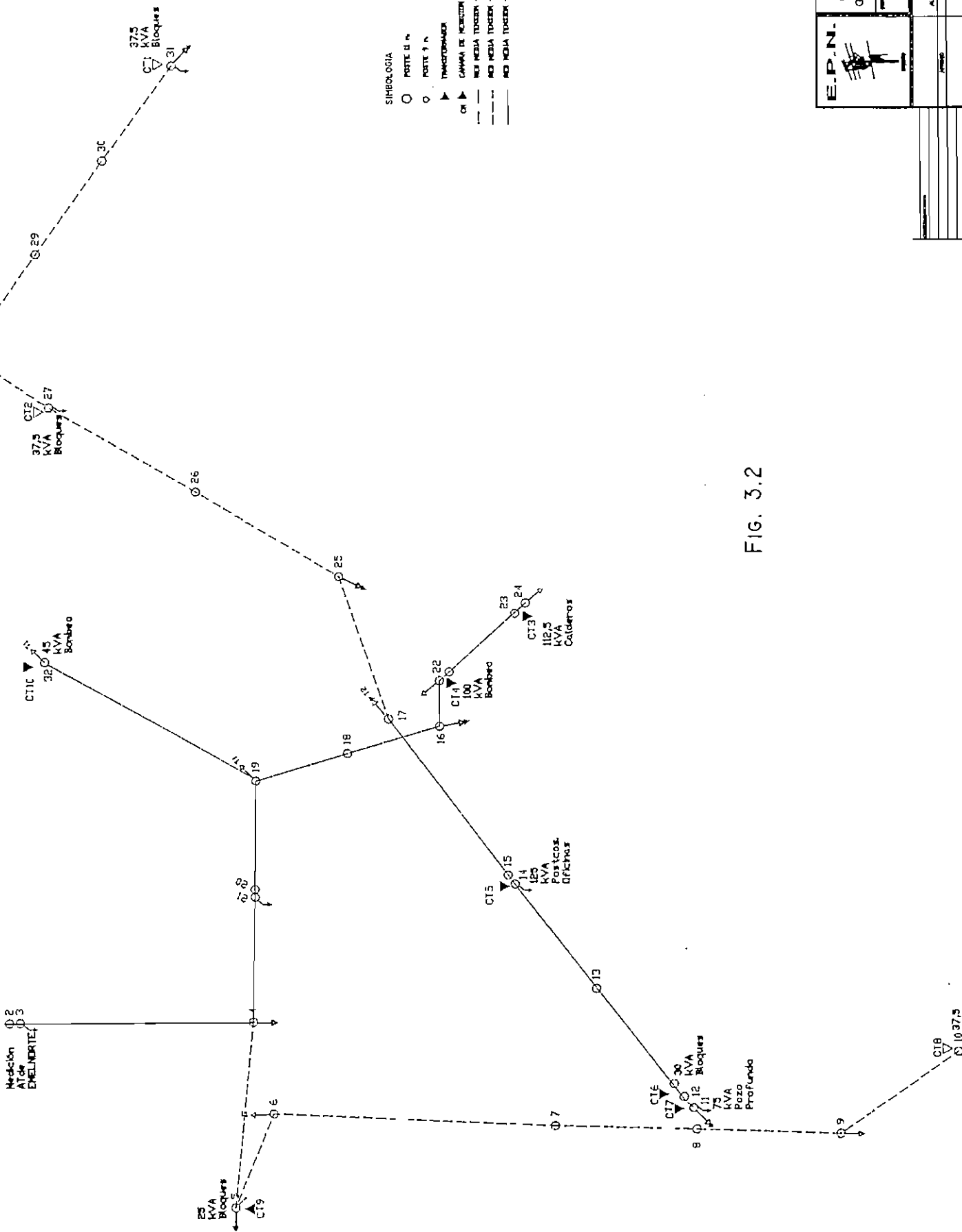


FIG. 3.2

### 3.2.3 Identificación y Ubicación de los Centros de Transformación.

En la Florícola Denmar existen transformadores de tipo monofásico y trifásico, para voltajes secundarios de 220/110V, 220/127V y 460/265V.

En el Plano anterior se puede observar la ubicación física de los centros de transformación en la red de mediano voltaje con sus respectivos números de identificación.

En la FIGURA 3.3. se describe las características de voltaje y potencias de los transformadores existentes en Denmar con sus protecciones, conductores de alimentación, procesos que alimenta cada uno de los transformadores y su cargabilidad actual.

CT No	Potencia (kVA)	Designación del circuito	No de fases	Voltaje 1rio (kV)	Voltaje 2rio (V)	Protección (A)		Conductor (AWG)		Observaciones
						HV	LV	HV	LV	
1	125	Blq. 11, Bombeo 1,	3	13,2	220	10 k	400	2	2x4/0	En Torre de transformación
2	100	Bombeo Fertilizante,	3	13,2	220	5 k	250	2	1x2/0	En Torre de transformación
3	112,5	Calderos	3	13,2	220	6 k	250	2	2x1/0	En Torre de transformación
4	30	Blq 1 y 2, BombaPozo	3	13,2	220	5 k	150	2	1x2	En Torre de transformación
5	25	Blq. 3,4, Bomba, Taller	1	13,2	240	2 h	125	2	1x4	En poste
6	37,5	Blq. 7,8,9,10	3	13,2	240	3 h	200	2	1x4	En poste
7	37,5	Blq. 12,17,18	3	13,2	240	3 h	200	2	1x4	En poste
8	37,5	Blq. 13,14,15,16	1	7,62	240	3 h	200	2	1x4	En poste
9	75	Bomba Pozo Profundo	3	13,2	460	5 k	125	2	1x1/0	En poste

FIGURA 3.3. Resumen de los Centros de Transformación de Denmar.

### 3.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS SECTORES DE CONSUMO ELÉCTRICO, LEVANTAMIENTO DE LA POTENCIA INSTALADA Y HORAS DE OPERACIÓN.

Como se explicó en el CAPITULO 1, en todas las plantaciones de flores, se repiten ciertos sectores de consumo, para el presente caso se tomará en cuenta únicamente sus aspectos particulares:

#### 3.3.1 Bombeo.

Denmar posee un sistema centralizado de bombeo, tanto de riego, fertilización y fumigación, desde los tres cuartos de bombas ubicados junto al reservorio de agua y el cuarto de fumigación ubicado en el edificio de postcosecha, se bombea el líquido hacia todos los bloques a través de tubería enterrada. Para el tratamiento del agua a utilizar en duchas, cocina y baños, se tiene otra estación de bombeo que extrae agua de un pozo profundo a 165 metros de la superficie, para darle tratamiento.

Además, se tiene otra bomba de pozo profundo, ubicada en la parte final de la red trifásica, junto al bloque 10, la cual se utiliza como pozo de emergencia. Este pozo tiene una bomba de 50 hp y la alimenta un transformador de 75kVA a 460 voltios.

Las cuatro estaciones de bombeo junto al reservorio son las estaciones principales de la Florícola, debido a que estas suministran agua de riego durante todo el año, es decir, para las épocas de verano e invierno, mientras que la del pozo profundo a 460 voltios, trabaja de vez en cuando en verano.

En la *FIGURA 3.4.* se describen las características de placa de cada una de las bombas por estación de bombeo.

Proceso	Equipo	Marca	Pn (kW )	Vn (V)	In (A)	FP	rpm
Bombeo-1	Mezcla fertilizantes 1	Baldor	3,7	220	13	0,84	3450
	Bomba riego 1	Baldor	7,5	220	25	0,8	3450
	Bomba riego 2	WEG	7,5	220	25	0,8	3470
Fumigación	Fumigación 1	WEG	5,6	230	20	0,88	1730
	Fumigación 2	Siemens	5,6	220	24	0,88	1740
Bombeo-2	Mezcla fertilizantes 1	Baldor	3,7	220	13	0,84	3450
	Bomba riego 1	Century Pump	7,5	220	26	0,85	3500
	Bomba riego 2	WEG	7,5	220	25	0,80	3470
	Bomba riego 3	WEG	7,5	220	25	0,8	3470
Bombeo-3	Bomba pozo profundo		15	220	54	0,85	3550
	Bomba Agua Limpia	Magnatek	3,7	220	13,4	0,85	3500
Bombeo-4	Fertilizantes	Grundfos	15	240	47	0,90	3530

**FIGURA 3.4.** Características de Placa de los Motores del Sistema de Bombeo en Denmar.

### 3.3.2 Sublimación.

La carga de sublimadores es netamente resistiva, y se encuentra instalada en todos los bloques, con una potencia total de 95.4 kw, los sublimadores para todos los bloques tienen un horario de trabajo desde las 00:00 hasta las 06:00, en un número aproximado de 2300, cada unidad es de 40 vatios y son operados automáticamente mediante el control de timers.

Estos sublimadores son de fabricación artesanal y comprados a productores ecuatorianos, generalmente se los conoce por su voltaje de operación 110 voltios y su potencia a este voltaje, 40 vatios.

Debido a la extensión de los invernaderos, pequeño tamaño de los elementos y la posibilidad de que unos se encuentren trabajando en buen estado y otros estén quemados, no se realizó un conteo individual de los elementos, optando por tomar lecturas reales de potencia total en cada uno de los bloques, información que se presenta a continuación:

Proceso	Bloque	Pot. Instalada (kW )	Volt. Med.(V)	Corr. Med. (A)
Sublimación	1	4,405	211,3	12,0
	2	5,052	211,3	13,8
	3	6,457	214,8	17,4
	4	5,782	220,0	15,2
	5	7,914	220,0	20,8
	6	5,1	221,7	13,4
	7	14,838	224,3	38,2
	8	3,265	223,4	8,4
	9	6,336	207,8	17,6
	10	0	232,0	0,0
	11	6,339	232,0	15,8
	12	6,501	207,8	18,1
	13	5,841	226,9	14,9
	14	6,129	221,7	16,0
	15	0	220,0	0,0
	16	3,232	214,8	8,7
	17	4,165	213,0	11,3
	18	3,104	211,3	8,5
Total		94,497	218,6	249,88

*FIGURA 3.5. Potencia medida por bloque para la carga de Sublimadores en Denmar.*

### 3.3.3 Postcosecha, (Cuartos fríos)

En Denmar se tiene todo el sistema de cuartos fríos que contiene las flores tanto de Denmar como de Marliedian, se tiene instalados 11 equipos de refrigeración de 3 hp, 4 de 5 hp y 1 de 2 hp que funcionan durante el día las 24 horas siendo las horas de mayor consumo entre las 11:00 y 18:00. Además se tiene un prefrio de 15 kw.

La potencia de placa de estos equipos se debe leer en la corriente de rotor bloqueado del compresor, esto no significa que el equipo trabaje a esta potencia.



### 3.3.4 Calderos.

Para el caso de calderos, los cuales suministran calor a los bloques 16, 17 y 18, tiene un período de trabajo de 8 horas diarias, con un promedio de 65 kw de potencia instantánea.

Las características de placa de los equipos y motores que conforman el caldero se detallan a continuación:

Caldero	Blower 1	Cleaver Brooks	20,11	220	62	0,90	3470
	Presión Constante	Marathon	8,72	220	26	0,88	3470
	Presión Constante	Marathon	8,72	220	26	0,88	3470
	Presión Constante	Baldor	6,4	220	21	0,90	3450
	Presión Constante	Marathon	6,4	220	21	0,88	3470
	Presión Constante	Marathon	6,4	220	21	0,88	3470
	Presión Constante	US Motors	4,7	220	15	0,90	3470
	Blower	Cleaver Brooks	20,11	220	62	0,90	3470
	Combustible	Marathon	1,39	220	4,5	0,85	1760
	Combustible	Marathon	1,39	220	4,5	0,85	1760
	Recirculación	Cleaver Brooks	2,65	220	8,7	0,87	1760
	Recirculación	Cleaver Brooks	2,65	220	8,7	0,87	1760
	Tanque de Expansión	WEG	1,39	220	4,5	0,85	3470
	Resistencia Tanque		7,5	220	20	1,00	
	Resistencia 1		7,5	220	20	1,00	
	Resistencia 2		7,5	220	20	1,00	
	Descarga Bunker	Siemens	7,5	220	26	0,84	1190

FIGURA 3.6. Características de Placa del Sistema de Calderos en Denmar.

### 3.3.5 Iluminación.

La iluminación es utilizada principalmente para realizar las labores de post-cosecha, iluminación de cuartos fríos y oficinas, se tienen 264 tubos de fluorescentes de 40 watts que con sus respectivos ignitores y balastos tienen una potencia media de 11 kw. Para la fumigación en horas de la madrugada la florícola tiene instalados en cada bloque reflectores de mercurio halogenado de 500 w o focos de 200 w.

El nivel de iluminación es aceptable, mediciones de luminosidad no se realizaron debido a que el lugar donde se los ocupa, esto es postcosecha, trabaja durante horas del día, de 8:00 a 16:00, en las cuales las lámparas son únicamente un refuerzo a la luz solar que libremente ingresa al lugar. Si se hubieran tomado lecturas de luminosidad en el sitio de trabajo, para establecer la validez del sistema de iluminación, habría sido necesario hacerlo durante la noche, pero como no se trabaja a esa hora, los resultados no hubieran sido válidos.

### **3.3.6 Oficinas.**

La carga de oficinas es de aproximadamente 4 kW y lo conforman principalmente computadoras y su período de trabajo es de 10 horas diarias.

En Denmar se tiene mayor cantidad de máquinas, pues aquí es donde se realiza actividades de mercadeo, bodega, e-business y es donde se encuentra la gerencia de las dos plantaciones.

### **3.3.7 Ventanas de Bloques.**

Los bloques 12, 13, 14, 15, 16 y 18 poseen un sistema de apertura de ventanas o zenitales el cual es accionado a través de un moto-reductor eléctrico, que mueve un cable que enrolla y desenrolla un plástico que se usa como cortina del zenital. Este sistema se lo opera a través de una caja de control manual y tiene una potencia total de 9 kw, distribuidos en 12 motores de  $\frac{3}{4}$  de hp que no funcionan a la vez y cuya operación para cerrar o abrir el zenital es de aproximadamente un minuto.

### 3.4 REGISTRO DE LA POTENCIA, CONSUMO Y PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR MÁQUINA Y PROCESO.

Con el objetivo de lograr la caracterización de la carga y la elaboración de un balance de potencia y energía que permita validar el estudio, se han propuesto los siguientes procedimientos:

#### 3.4.1 Mediciones instantáneas de los parámetros eléctricos de forma puntual por equipo y proceso.

Las mediciones puntuales instantáneas se la realiza con el objetivo de verificar el comportamiento individual de cada una de las máquinas, para determinar si las mismas se encuentran sobrecargadas o subcargadas, comparando con los datos de placa.

El equipo utilizado para realizar las mediciones de potencia activa y reactiva instantánea es el NANOVIP PLUS de *El Control Energy* tiene un grado de precisión de 0.2, es decir que la lectura puede tener un error en la medición del 0.2 %.

Las mediciones puntuales se deben realizar por proceso, información que puede ayudar al departamento administrativo a determinar el costo energético de cada proceso de producción.

En la *FIGURA 3.7.* se muestra un cuadro de las mediciones puntuales realizadas por proceso de producción:

Proceso	Equipo	Pot. (kW)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de potencia
	Blower 1	14,61	218	47	0,81
	Presión Constante	8,65	219	24	0,89
	Presión Constante	8,34	219	25	0,88
	Presión Constante	6,38	220	20	0,89
Caldero	Combustible	0,95	220	3,2	0,78
	Recirculación	2,63	219	8,5	0,91
	Tanque de Expansión	1,28	216	3,9	0,82
	Resistencia Tanque	7,46	213	20	0,99
	Resistencia 1	7,49	213	19	0,99
	Descarga Bunker	6,75	209	22	0,79

Proceso	Equipo	Pot. (kW)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de potencia
Bombeo-1	Mezcla fertilizantes 1	2,12	208	6,98	0,83
	Bomba riego 1	7,24	207	23,4	0,89
	Bomba riego 2	7,35	209	21,8	0,91
Fumigación	Fumigación 1	3,74	204	14,2	0,79
	Fumigación 2	3,51	204	12,9	0,77
Bombeo-2	Mezcla fertilizantes 1	2,08	206	7,01	0,87
	Bomba riego 1	7,29	207	22,5	0,9
	Bomba riego 2	7,21	207	21,4	0,9
	Bomba riego 3	7,18	208	22,4	0,89
Bombeo-3	Bomba pozo profundo	16,7	204	50,6	0,93
	Bomba Agua Limpia	3,23	205	11,7	0,81
Bombeo-4	Fertilizantes	13,4	208	41,5	0,9

*FIGURA 3.7. Mediciones puntuales realizadas por proceso de producción en Denmar.*

### 3.4.2 Levantamiento de la curva de carga de los transformadores mediante un registrador o data logger.

En cada uno de los transformadores, a excepción de los que alimentan únicamente a sublimadores se colocó un equipo de registro de parámetros eléctricos el cual permanecerá tomando lecturas por tres días consecutivos. Con esta información se levantará la curva de carga de cada uno de estos transformadores, información básica para descifrar el comportamiento de la demanda en la Florícola Denmar.

La razón de no colocar el data logger en los transformadores que alimentan únicamente sublimación, es que conocida la potencia de consumo

por bloque y las horas de trabajo diarias, se puede por medio del voltaje registrado en un intervalo de tiempo por el data logger conectado a otro transformador cuya curva de carga es desconocida, simular el comportamiento de la carga resistiva que este transformador tendría en ese mismo instante.

El data logger a usarse es el ABB A1RLQ+, medidor de potencia, energía y calidad de energía que tiene un grado de precisión de 0.2, es decir un error máximo del 2%, el intervalo de medición y registro ha sido programado en 15 minutos.

### **3.4.3 Levantamiento del diagrama unifilar de la Florícola Denmar.**

Para completar el proceso de recolección de información acerca de la ubicación, potencia y comportamiento de la carga, se ha elaborado el diagrama unifilar de la plantación, donde de manera general se indica el centro de transformación, sus datos, protecciones y características de cada una de las cargas a éste conectadas, este diagrama se muestra a continuación en la *FIGURA 3.8:*

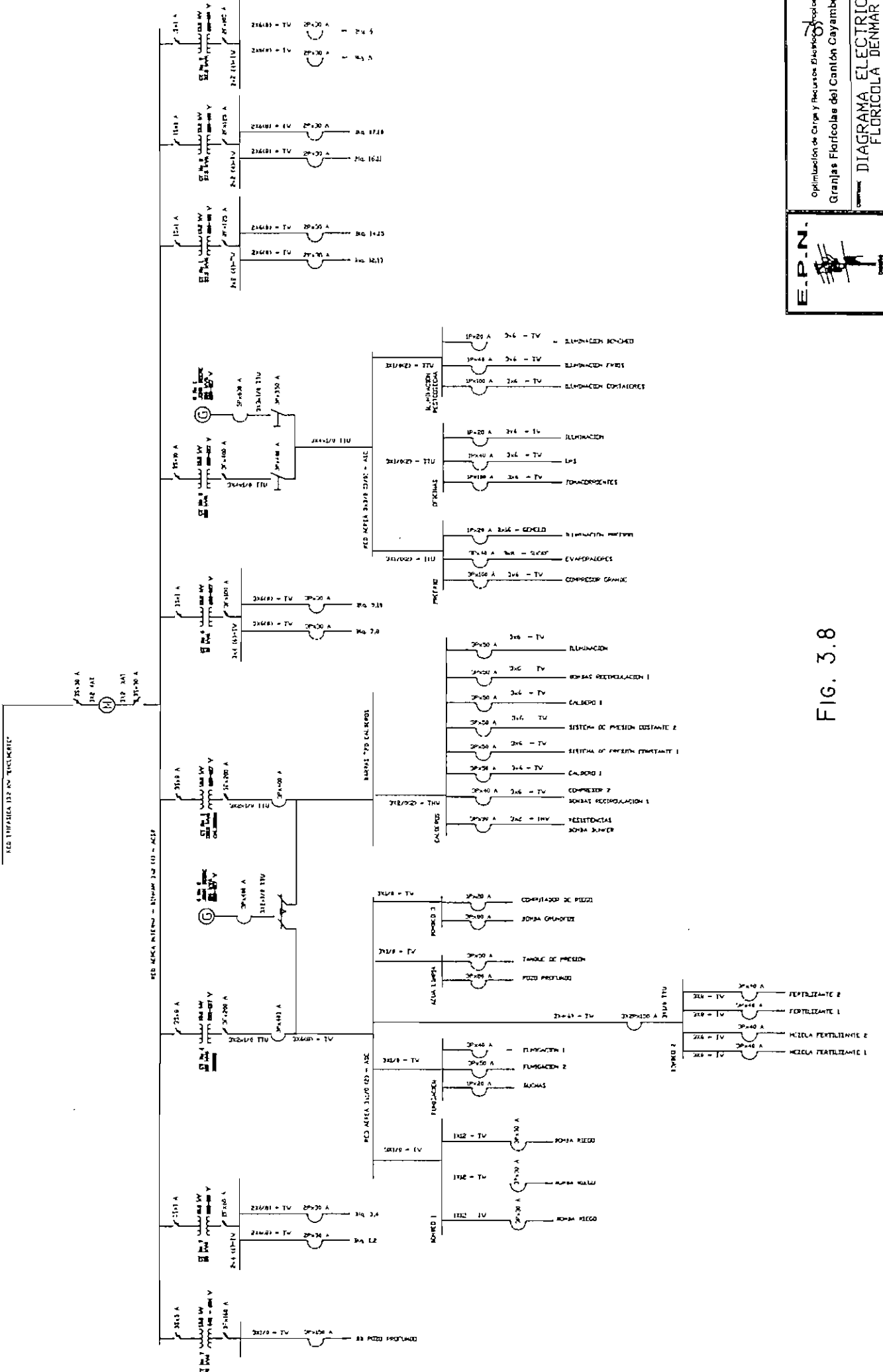


FIG. 3.8

**E.P.N.**

Escuela Politécnica Nacional

Optimización de Carga y Reducción de Pérdidas  
 Granjas Fertilizantes del Cantón Cayambe

CARRERA: **DIAGRAMA ELÉCTRICO  
 FERTILIZANTE DENMAR**

AUTORES	BOBIL	Ene/2000	PÁGINA
ALFONSO DOMÍNGUEZ	BOBIL		
			HOJA 1 DE 1

### 3.4.4 Cálculo de las pérdidas en transformadores, redes primarias y secundarias

Con la información de la potencia instantánea medida, la distribución de las redes secundarias, calibre y tipo de conductor, vanos entre los puntos de entrega y el tiempo de operación de cada equipo se puede calcular las pérdidas generadas en las redes de distribución y las pérdidas bajo carga de los transformadores.

La metodología usada para el cálculo de pérdidas se define a continuación:

**EN TRANSFORMADORES:** Se tomó como referencia los valores dados por el fabricante, donde especifica las pérdidas en vacío y bajo carga de cada transformador.

**EN CONDUCTORES:** Con referencia en las resistencias dadas por las tablas de Phelps Dodge (Cablec) en ohms por metro de cada calibre y tipo de conductor, se usa la relación  $P = I^2 \cdot R$ , pues se conoce también la corriente que circula realmente por el conductor y su longitud.

En el *ANEXO 3.1* se puede apreciar el cálculo de pérdidas en Redes Primarias y en el *ANEXO 3.2* el cálculo de pérdidas en Redes Secundarias.

Estas pérdidas, conocidas también como efecto Joule, no son sino disipación térmica, que aunque muchas veces parece insignificante, no lo es, tal y como se puede observar en la *FIGURA 3.9.*:

Transformador (kVA)	Cantidad	Porcentaje de Carga	Pérdidas en vacío		Pérdidas en cobre	
			W	VAR	W	VAR
25	1	10%	100	692	290	370
37,5	3	35%	405	2801	1215	1551
30	1	5%	38	1248	1024	1249
75	1	85%	255	1783	0	0
100	1	95%	291	2012	2408	3075
112,5	1	88%	360	2490	2110	2693
125	1	67%	369	2551	2408	3075
Total kW/kVAR/mes			1,82	13,58	9,46	12,01
Total kWh/kVARh/mes			1.308,96	9.775,00	6.807,60	8.649,72

**FIGURA 3.9.** Pérdidas en Transformadores de Distribución en Denmar.

Estas pérdidas de los transformadores se calculan de la siguiente manera:

**PERDIDAS EN VACIO:** Estas pérdidas, tabuladas en las tablas del fabricante, es prácticamente invariable ya que el voltaje primario y la frecuencia varían de forma insignificante.

**PERDIDAS BAJO CARGA:** Según el porcentaje de uso o cargabilidad de cada transformador, se realiza una aproximación que obedece a una relación cuadrática con respecto a la corriente que circula. Es decir si el transformador está cargado a 1/4 de su capacidad nominal entonces las pérdidas en el cobre son 1/16 de su valor nominal descrito en las tablas publicadas por el fabricante. El porcentaje de carga se calcula a partir de la intensidad de corriente promedio en cada transformador.

### 3.4.5 Cálculo de la energía consumida por proceso en la Florícola Denmar

Con los datos reales recolectados, conociendo el horario de trabajo y comportamiento de cada máquina y proceso, se calcula la energía consumida. Asimismo se determina la energía perdida por efecto Joule en toda la instalación. A continuación la **FIGURA 3.10.** muestra el cuadro de resultados del cálculo de la energía consumida por proceso en la Florícola Denmar



Proceso	Equipo	Potencia medida (kW)	Horas de operación	Consumo kwh-mes
Calderos	Blower 1	14,61	6	2629,8
	Presión Constante	8,65	6	1557
	Presión Constante	8,34	6	1501,2
	Presión Constante	6,38	6	1148,4
	Combustible	0,95	6	171
	Recirculación	2,63	6	473,4
	Tanque de Expansión	1,28	6	230,4
	Resistencia Tanque	6,94	6	1249,2
	Resistencia 1	7,49	6	1348,2
	Descarga Bunker	6,75	6	1215
Bombeo-1	Mezcla fertilizantes 1	2,12	7	445,2
	Bomba riego 1	7,24	7	1520,4
	Bomba riego 2	7,35	7	1543,5
Fumigación	Fumigación 1	3,74	7	785,4
	Fumigación 2	3,51	7	737,1
Bombeo-2	Mezcla fertilizantes 1	2,08	7	436,8
	Bomba riego 1	7,29	7	1530,9
	Bomba riego 2	7,21	7	1514,1
	Bomba riego 3	7,18	7	1507,8
Bombeo-3	Bomba pozo profundo	16,7	7	3507
	Bomba Agua Limpia	3,23	5	484,5
Bombeo-4	Fertilizantes	13,40	8	3216,00
Cuartos fríos	Prefrío 1	6,2	15	2790
	Unidades 1 y 2	35	15	15750
Iluminación	Bloques 1-18	36,00	3,5	1512,00
Iluminación	Postcosecha	9,14	10	1096,80
Oficinas	Oficinas	2,00	10	600
Ventanas	Bloques, 12,13,14, 16,18	1,70	1	51
Sublimadores	Bloques, 1-18	94,50	6	11557
Pérdidas en transformadores	Denmar	15,03		2427
Pérdidas en acometidas	Denmar	3,91		1241
Pérdidas en redes secundarias aéreas	Denmar	11,73		4962
<b>Total</b>	<b>Denmar</b>	<b>228,48</b>		<b>70738,33</b>

FIGURA 3.10. Consumo por Proceso en Denmar.

### 3.5 BALANCE DE POTENCIA Y ENERGÍA DE LA FLORÍCOLA DENMAR

Los datos tomados a través de lecturas instantáneas de potencia activa, reactiva, factor de potencia, etc., la información del data logger y los horarios de trabajo de cada máquina y proceso, permiten contrastar y realizar los cálculos de energía consumida y demanda por proceso. La información total calculada de consumo y demanda se la obtiene al sumar los procesos y las pérdidas.

Como se trata de energía y potencia calculada en un periodo mensual, la única manera de comprobar su validez y veracidad es comparándolo con el promedio de un muestreo de planillas de consumo. Consecuentemente, el balance de potencia y energía es quien valida la información y cálculos realizados.

Este balance de energía y potencia se encuentra detallado en la *FIGURA 3.11.:*

Balace de Energía FINCA DENMAR

Proceso	Consumo kWh	Porcentaje
Bombeo	17229	24,53%
Sublimación	11557	16,46%
Ventanas	51	0,07%
Caldero	11524	16,41%
Cuartos fríos	18540	26,40%
Iluminación	3342	4,76%
Oficinas	600	0,85%
Perd. Redes sec. Aéreas	4962	7,06%
Perd. Trafos	2427	3,46%
<b>Total</b>	<b>70231</b>	<b>100,00%</b>

### Balance de Potencia FINCA DENMAR

Proceso	Demanda kW	Porcentaje
Bombeo	81,05	24,84%
Sublimación	94,50	28,96%
Ventanas	1,70	0,52%
Caldero	64,02	19,62%
Cuartos fríos	41,20	12,63%
Iluminación	11,14	3,41%
Oficinas	2,00	0,61%
Perd. Redes sec. Aéreas	11,73	3,60%
Perd. Trafos	15,03	4,61%
<b>Total</b>	<b>326</b>	<b>100,00%</b>

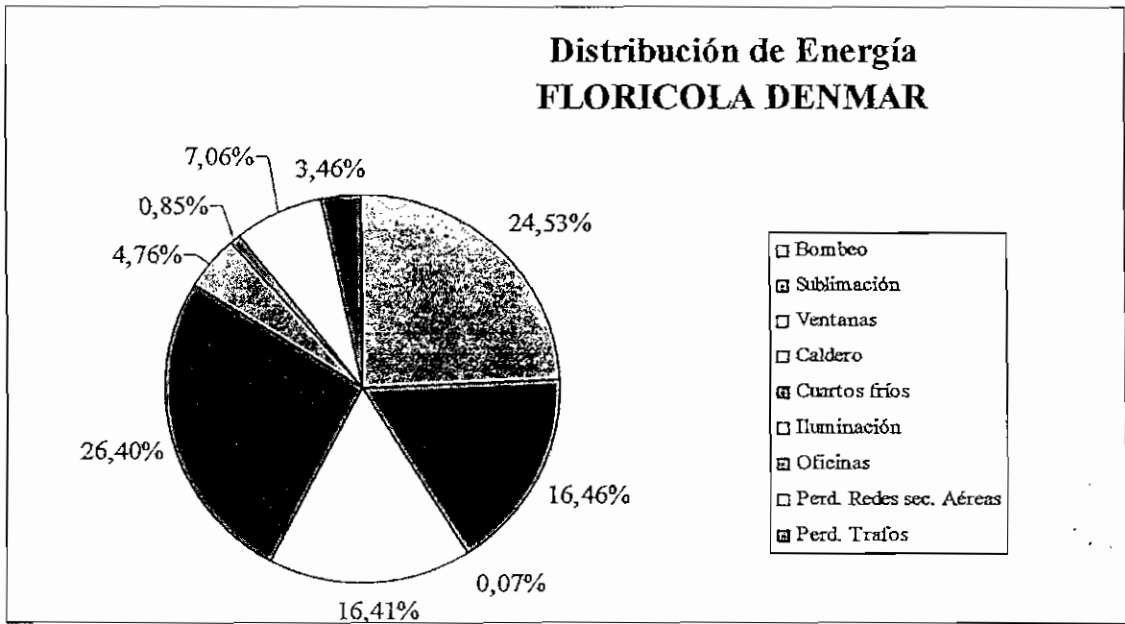


FIGURA 3.11. Balance de Potencia y Energía en Denmar.

## 3.6 ANÁLISIS DEL ESTADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LA FLORÍCOLA DENMAR.

En lo que respecta a los diferentes tipos de conductores utilizados para la distribución de la energía eléctrica dentro de la plantación se puede comentar:

### 3.6.1 Media tensión

El conductor se encuentra en buen estado, pero su templado no es adecuado, en la red trifásica que alimenta los transformadores de 125, 75 y 30 kVA se tiene vanos que cuelgan demasiado y que generalmente presenta problemas en temporada de verano debido a los fuertes vientos.

### 3.6.2 Baja tensión

#### 3.6.2.1 . Redes aéreas

Con respecto al calibre de baja tensión se determina que en su mayoría es el adecuado, aunque presenta distancias considerables y cargas considerables que hacen disipar mucho calor por la resistencia interna que presenta los cables, pérdidas del 3.6% en potencia y 7.06 % en energía con respecto al total.

El calibre 1/0 AWG tipo ASC utilizado en la red de baja tensión que se distribuye del transformador de 125 kVA de postcosecha, presenta una caída de tensión del 12 %, voltaje que no es el adecuado debido a que los motores pueden funcionar en un rango del 10 % de variación de tensión, por eso presentan calentamiento en sus bobinados, vale resaltar que para condiciones normales de operación y de caídas de tensión admisibles, estas no deberían superar el 3.5 %.

El calibre 2 utilizado en la red del transformador de 100 kVA, tiene un vano de más de 150 metros para llegar a la bomba de fertilizantes de 15 kw, la caída de tensión hasta el cuarto 3 calderos es del 10 % en esta red y en la anterior se disipa mucha energía en forma de calor.

El conductor utilizado en la red de baja tensión que alimenta a los sublimadores de calibre No 2, es adecuado para las cargas que se distribuye a cada bloque.

### **3.6.2.2 Acometidas.**

Con respecto a las acometidas éstas se encuentran bien dimensionadas a excepción de la acometida que alimentan a fumigación que además está en mal estado por ser enterrada, no ser realizada con el cable apropiado y por el calentamiento continuo al que está sometido el conductor.

Todas las acometidas de tipo subterráneo, es necesario cambiar el conductor TW por uno de tipo TTU, conductor que es adecuado para que sea enterrado en el suelo. Con lo que se evitará cualquier cortocircuito, de los que por inspección se han encontrado muchos.

El motivo de los cortocircuitos se deben a que la manguera por donde pasan los cables con el tiempo se rompen con lo cual ingresan medios contaminantes a tomar contacto directo con los cables lo que producirá con el tiempo el deterioro de los cables con aislamiento TW y por consiguiente el cortocircuito no deseado.

### 3.6.2.3 Motores Eléctricos

El estado general de los motores eléctricos es bueno, no se encuentran sobrecargados, el calentamiento de sus bobinados es tolerable, los ejes se encuentran bien centrados, no se detecta falla en los rodamientos.

Los sistemas de transmisión engranajes, reductores o bandas se encuentran correctamente lubricados y mantenidos. Muy pocas máquinas han sido rebobinadas.

Todo cuando tiene que ver con motores y equipo de baja tensión al cual se puede tener acceso sin necesidad de subirse a un poste, está correctamente conservado por el personal de mantenimiento de la plantación.

### 3.7 ÍNDICES DE CALIDAD DE EXPLOTACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FLORÍCOLA DENMAR.

Los índices típicos que se analizan, determinan la calidad de uso de la energía eléctrica dentro de la Florícola. Estos índices son:

- Factor de carga
- Factor de potencia
- Calidad del servicio

#### 3.7.1 Factor de carga

El factor de carga expresa la relación del consumo de energía versus su demanda máxima en un período de consumo, el factor de carga puede ser diario, semanal, mensual o anual. Un factor de carga bajo implica un pico de carga alto con relación a la demanda promedio, esto se debe a que la varias máquinas o procesos de alto consumo entran a operar al mismo tiempo.

El factor de carga de Denmar para el mes de marzo de 2003 fue de 0.46, lo que implica un pico de demanda muy alto, con un consumo de energía bajo siendo el responsable del 25 % de este pico, la carga de sublimadores, como se pudo apreciar en el cuadro anterior de potencia.

En la *FIGURA 3.12.* se presenta un histórico del factor de carga de la Florícola, que obviamente es bajo:

Mes	Energía (kWh)	Demanda (kW)	Factor de carga
mar-02	65897	189	0,469
feb-02	54876	196	0,417
ene-02	78452	227	0,465
dic-01	65874	224	0,395
nov-01	58475	235	0,346
oct-01	68547	214	0,431
sep-01	62358	219	0,395
ago-01	59854	221	0,364
jul-01	58745	218	0,362
Promedio	63675,3	235	0,364

FIGURA 3.12. Registro Histórico del Factor de Carga de Denmar.

### 3.7.2. Factor de potencia

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa consumida por un equipo y la potencia aparente requerida por este mismo equipo para realizar el trabajo.

El bajo factor de potencia de una instalación eléctrica implica:

- Aumentar las pérdidas en los conductores, pues aumenta la corriente que circula al disminuir el factor de potencia
- Disminuir la calidad del voltaje, debido al aumento de la caída de voltaje por incremento de la corriente.
- Sobrecalentamiento de los motores, debido al bajo voltaje de alimentación que obliga a aumentar la corriente para mantener la potencia mecánica al eje.
- Pérdida de vida útil de los equipos, al calentarse los bobinados se deteriora su aislamiento.

Los equipos responsables de un bajo factor de potencia en las florícolas son especialmente:

- Motores de Bombas



- Motores de Ventiladores
- Motores de Compresores en Cuartos fríos
- Transformadores de distribución

El factor de potencia promedio de Denmar según las planillas de EMELNORTE es de 0.946, factor de potencia que se encuentra cerca del límite de la penalización básica (0.92).

La razón del buen factor de potencia es la carga netamente resistiva de los sublimadores que compensa el bajo factor de potencia de los demás equipos.

Del levantamiento de carga realizado con el data logger la Florícola Denmar actualmente tiene problemas de bajo factor de potencia en el transformador de 112.5 kVA de Calderos y 100 kVA de Bombas.

### 3.8 EVALUACIÓN TÉCNICA DEL ACTUAL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA FINCA DENMAR A PARTIR DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA.

En esta etapa del estudio se definirán los procedimientos para determinar en que sectores de consumo es necesario o conveniente el cambio de configuraciones y equipos a partir de la información recopilada y calculada en los títulos anteriores.

Se tratarán independientemente cada uno de los procesos de producción y sectores de consumo.

#### 3.8.1 Sustitución de motores.

Para analizar la posibilidad de sustituir un motor eléctrico, primeramente se debe evaluar su eficiencia. Una vez calculada la eficiencia de cada motor, se determina las pérdidas anuales en energía y luego con su cuantificación y valoración se puede determinar si conviene o no realizar este cambio.

Estimando la vida útil de un motor eléctrico normal en 5 años, se puede tener una referencia que permita evaluar si el tiempo de recuperación de la inversión es conveniente.

Para calcular la eficiencia de cada motor, se toma en cuenta la *FIGURA 3.13.*, cuadro editado por Merlin Gerin (Schneider Electric) para estimar la eficiencia de un motor en función de su carga de trabajo:

Carga	Rendimiento
25%	0.75
50%	0.82
75%	0.86
100%	0.88
125%	0.82
150%	0.79

**FIGURA 3.13.** Rendimiento de los Motores en función de su carga real.

Según este criterio y tomando en cuenta la información recogida en cada uno de los motores, potencia de placa y potencia medida, se puede determinar el rendimiento de cada uno de los motores por interpolación con los valores de la tabla anterior.

#### **3.8.1.1. Sustitución de motores en bombeo.**

El análisis se realizará comparando los motores actuales versus los motores de alta eficiencia y alto factor de potencia que se fabrican hoy en día, cuyo rendimiento es del 90%.

En el caso de los motores sobrecargados y subcargados, estos deberán ser reemplazados por otros bien dimensionados y de alta eficiencia en donde se analizará como variable económica la disminución de pérdidas, siendo rentable la sustitución de motores en los que trabajan sobrecargados o subcargados y durante períodos largos de trabajo.

A continuación en la *FIGURA 3.14.* se muestra el resultado del cálculo realizado para determinar la eficiencia, siguiendo la metodología descrita anteriormente:

Proceso	Equipo	Pn (kw)	Pmed(kw)	Rendimiento %	Observación	Pérdidas kw
Bombeo-1	Mezcla fertilizantes 1	3,7	2,12	65,70		0,52
	Bomba riego 1	7,5	7,24	84,95		0,37
	Bomba riego 2	7,5	7,35	86,24		0,28
Fumigación	Fumigación 1	5,6	3,74	76,58		0,50
	Fumigación 2	5,6	3,51	71,87		0,64
Bombeo-2	Mezcla fertilizantes 1	3,70	2,08	64,46		0,53
	Bomba riego 1	7,5	7,29	85,54		0,33
	Bomba riego 2	7,5	7,21	84,60		0,39
	Bomba riego 3	7,5	7,18	84,25		0,41
Bombeo-3	Bomba pozo profundo	15	16,7	73,03	Sobrecargado	2,83
	Bomba Agua Limpia	3,7	3,23	76,82		0,43
Bombeo-4	Fertilizantes	15	13,4	78,61		1,53

FIGURA 3.14. Rendimiento real de los motores de Bombeo en Denmar.

Los motores cuya eficiencia calculada es menor al 75%, son tomados en cuenta, para realizar el cálculo de las pérdidas económicas se escribe el excedente de pérdidas con respecto a un motor de alta eficiencia (90%), el estudio de reemplazo y recuperación del capital se analiza posteriormente.

### 3.8.1.2 Sustitución de motores en Caldero.

Para el caso de los motores del Caldero, igual que en el ítem anterior, se realiza el análisis del rendimiento de los motores, con los resultados que se muestran a continuación en la FIGURA 3.15.:

Proceso	Equipo	Pn (kw)	Pmed(kw)	Rendimiento %	Observación	Pérdidas kw
	Blower 1	20,11	14,61	83,31		0,98
	Presión Constante	8,72	8,65	87,29		0,23
	Presión Constante	8,72	8,34	84,17		0,49
	Presión Constante	6,4	6,38	87,73		0,15
Caldero	Combustible	1,39	0,95	78,37		0,11
	Recirculación	2,65	2,63	87,34		0,07
	Tanque de Expansión	1,39	1,28	81,04		0,11
	Resistencia Tanque	7,5	7,46	87,53		0,18
	Resistencia 1	7,5	7,49	87,88		0,16
	Descarga Bunker	7,5	6,75	79,20		0,73

FIGURA 3.15. Rendimiento real, motores de Calderos en Denmar.

### 3.8.2 Desconexión de centros de transformación.

De entrevistas con los ingenieros agrónomos encargados de la producción de flores acerca de la incidencia y necesidad del proceso de sublimación, se llegó a la conclusión de que con o sin sublimación los resultados eran similares y que pronto se desconectaría casi en su totalidad.

Si se realiza la eliminación del proceso de sublimación, los transformadores alimentan solo a sublimación quedarán sin carga, y la única carga que alimentarán será los reflectores.

Los reflectores sirven para el proceso de fumigación, pero no todos los bloques se fumigan de una vez, sino por etapas, de las mismas conversaciones realizadas con los técnicos, se llegó a conocer que la fumigación se realiza con un solo grupo, en la que todo el grupo se encuentra fumigando un solo bloque, lo que quiere decir que solamente se prenden los reflectores de un solo bloque, para luego de terminar de fumigar un bloque, continuar con el otro pero apagando los reflectores el bloque fumigado.

Se recomienda desconectar el transformador de 30 kVA trifásico que sólo alimenta bloques. La alimentación a los reflectores de los bloques 1, 2 y 3 se lo puede realizar desde el transformador de 125 kVA trifásico que alimenta a cuartos fríos. Los transformadores de 37.5 kVA monofásicos de los bloques 13 al 18, por su distante ubicación es necesario mantenerlos conectados aunque sólo fuera para iluminación, pues la interconexión con el transformador de calderos que es el más cercano (300 metros), es técnicamente imposible.

Además se recomienda desconectar en Media Tensión el transformador de 75 kVA 13200/440V cuando no se utilice la bomba de pozo profundo, la cual funciona menos de diez veces por año.

El análisis de reducción de pérdidas por la desconexión de transformadores se presenta a continuación en la *FIGURA 3.16.:*

Transformador (kVA)	Cantidad	Porcentaje de Carga	Pérdidas en vacío		Pérdidas en cobre	
			W	VAR	W	VAR
25	1	10%	100	692	290	370
37,5	3	35%	405	2801	1215	1551
30						
75						
100	1	95%	291	2012	2408	3075
112,5	1	88%	360	2490	2110	2693
125	1	67%	369	2551	2408	3075
Total kW/kVAR/mes			1,53	10,55	8,43	10,76
Total kWh/kVARh/mes			1.098,00	7.592,68	6.070,32	7.750,44

#### CUANTIFICACION DE LA REDUCCION DE PERDIDAS

Potencia	1,32 kw	4,28 kVAr
Energía	948,24 kwh-mes	3081,6 kVARh-mes

**FIGURA 3.16.** Reducción de Pérdidas en Centros de Transformación siguiendo las recomendaciones del Estudio Eléctrico a Denmar

### 3.8.3 Modificaciones en las redes de baja tensión y acometidas

Una red construida para alimentar una carga presenta problemas y pérdidas técnicas y económicas básicamente por las siguientes razones:

- Subdimensionamiento.
- Acometidas largas.
- Bajo Factor de potencia de la carga.
- Inconvenientes tarifarios

#### 3.8.3.1 Rediseño de la red de alimentación de bombeo y cuartos fríos

Durante la recolección de datos para llevar a cabo la Auditoría Eléctrica se solicitó se realice las instalaciones necesarias para montar el bloque de cuartos fríos que se trasladaba de Marledían a Denmar, para el efecto y según los datos de carga suministrados se necesitaba un transformador de aproximadamente 75 kVA. Al principio sugirieron montar el transformador de 100 kVA en torre junto al de 125 kVA, realizaron la inspección y cotizaron la instalación, sin darse cuenta de las dificultades que traería dicha ampliación

cuando haya que trabajar con el generador de emergencia que ya estaba trabajando a plena carga antes de la ampliación de cuartos fríos; menos aun se tomó en cuenta o cuantificó las pérdidas que implicaba esta instalación.

Durante mucho tiempo se ha estado alimentando el sistema de bombeo desde dos transformadores 125 y 100 kVA con vanos muy largos y cargados, que provocaban caídas de voltaje fuera de límites admisibles y altas pérdidas por calentamiento de conductores. Ante esta situación se ideó la mejor forma de alimentar estas cargas con las menores pérdidas posibles y sin comprar otro transformador ni cambiar de generador para casos emergentes.

Lo que se consiguió es alimentar todo el sistema de bombeo a 220 V, esto es: riego, fertilizantes, fumigación y agua limpia desde un solo transformador, el de 100kVA, cuyo respaldo en caso de emergencia sería el generador de calderos que durante el tiempo que dura riego no es necesario.

Por otro lado el transformador de 125 kVA alimentaría únicamente cuartos fríos, oficinas y post- cosecha, quienes en caso de emergencia serían alimentados desde el generador de 156 kVA que siempre ha funcionado como sistema emergente.

Con este diseño, lo que se logra es una gran reducción de pérdidas, no hace falta comprar otro transformador, no hace falta comprar otro generador más grande para alimentar la carga ampliada, se aprovecha el generador de calderos que durante el día no trabaja, se aprovechó todo el conductor y herrajes que se retiró de las anteriores instalaciones poco eficientes, se elimina el problema de altos y bajos voltajes para uno y otro proceso, aumenta la confiabilidad y vida útil de los transformadores y generadores eliminando la sobrecarga a la que han estado trabajando desde hace mucho tiempo.

En la Figura 3.17 se muestra la nueva configuración de la red de Baja Tensión y, la reubicación de transformadores.





### 3.8.3.2 Modificaciones en Calderos

Actualmente por daños ocasionados durante el transporte de los calderos sólo está operando uno de los dos instalados, a ciencia cierta se puede asegurar que el generador de 100 kw, cuya potencia real a la altura de trabajo es 85 kw no soportará el arranque de un segundo caldero existente cuando entre a operar, se sugiere aliviar la corriente de arranque de los blower para evitar el colapso y posibles daños del sistema de generación emergente y bloquear eléctricamente un posible arranque coincidente de los dos calderos.

En la *FIGURA 3.18.* se presenta la reducción de pérdidas que se obtiene con las nuevas configuraciones de la red de baja tensión.

### Análisis de Reducción de Pérdidas en Redes Secundarias con las modificaciones sugeridas

Transformador (kVA)	Ubicación	Proceso	Hora	Horas de uso	No de conductores	Potencia efectiva (kW)	FP	I (A)	Longitud (m)	Calibre (AWG)	r(ohm/m)	R(ohm)	Pérdidas (W)	Pérdidas (kWh)
112,5	Calderos	Calefacción	12:00-06:00 a.m.	6	3	64,02	0,88	190,92	40	1/0	0,000696	0,0278	3044,87	548,08
100	Bloques	Bombeo	7:30am-15:30 p.m.	8	3	65,00	0,88	193,85	30	2	0,001025	0,0308	3468,09	832,34
75	Bloques	Bombeo	7:30am-15:30 p.m.	8	3	55,00	0,85	81,22	60	2	0,001025	0,0615	1217,52	292,21
125	Bloques	Refrigeración	01:00am-12:00	24	3	46,00	0,9	134,14	45	1/0	0,000696	0,0313	1690,57	1217,21
30	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	1	3	5,00	0,91	8,33	115	1/0	0,000696	0,0800	16,64	0,50
25	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	1	2	5,00	0,99	21,04	92	2	0,001025	0,0943	83,56	2,51
37,5	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	1	2	5,00	0,99	21,04	67	2	0,001025	0,0687	60,85	1,83
37,5	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	1	2	5,00	0,99	21,04	110	2	0,001025	0,1128	99,91	3,00
37,5	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	1	2	5,00	0,99	21,04	108	2	0,001025	0,1108	98,09	2,94
<b>Total pérdidas en redes arcas a 220 V implementando modificaciones sugeridas en el Estudio</b>														<b>2.900,60</b>

kw	kwh-mes
17,39	4.256,49
9,78	2.900,60
7,61	1.355,89

PERDIDAS CON LA CONFIGURACION ORIGINAL  
 PERDIDAS PROYECTADAS CON LA NUEVA CONFIGURACION  
 AHORRO NETO PROYECTADO

FIGURA 3.18. Reducción de Pérdidas al implementar las modificaciones en las redes secundarias sugeridas en el Estudio Eléctrico en Denmar

### 3.8.4 Análisis del Factor de Potencia de la Florícola Denmar

El Bajo Factor de Potencia se presenta por la instalación de:

- Motores asíncronos.
- Equipo de Refrigeración.
- Iluminación fluorescente o vapor de mercurio.
- Transformadores.
- Conductores.

Como solucionarlo:

Se tomará en cuenta dos tipos de compensación reactiva que pueden ser aplicados al caso específico de Marledían

#### 3.8.4.1 Capacitores Fijos

- Instalación individual para motores asíncronos mayores a 20 kW
- Instalación general o en tableros donde su potencia activa, sea mayor a 20 kW constantes.

#### 3.8.4.2 Capacitores Variables

- Procesos productivos que implican cargas eléctricas grandes y con comportamiento variable.
- Generalmente instalados en tableros de distribución con cargas mayores a 40 kW o al pie de Torres de Transformación.

### 3.8.4.3 Beneficios al mejorar del factor de potencia

Disminución de pérdidas por exceso de circulación de corriente con el consiguiente aumento de la capacidad en:

- Conductores
- Barras
- Transformadores

Mejorar del nivel de voltaje en la carga implica:

- Reducción de pérdidas en los motores.
- Mejor funcionamiento de los motores por la presencia de un voltaje más estable
- Aumento en la vida útil de los equipos

### 3.8.4.4 Dónde mejorar el factor de potencia?

En sitios que según el estudio así lo requieran, de esta forma se logra reducir las pérdidas en redes secundarias.

Las características de los bancos de capacitores que se sugiere instalar en Denmar, su capacidad y aplicación consta en detalle más adelante en el análisis de inversiones.

La reducción de pérdidas en las redes secundarias motivo de la mejora en el factor de potencia se detalla en la *FIGURA 3.19*:

### Análisis de Reducción de Pérdidas en Redes Secundarias con el incremento del Factor de Potencia

Transformador (kVA)	Ubicación	Proceso	Hora	Horas de uso	No de cables	Potencia efectiva (kW)	FP	I (A)	Longitud (m)	Calibre (AWG)	r(ohm/m)	R(ohm)	Pérdidas (W)	Pérdidas (kWh)
112,5	Calderos	Calefacción	12:00-06:00 a.m.	6	3	64,02	0,95	176,86	40	1/0	0,000696	0,0278	2612,68	470,28
100	Bloques	Bombeo	7:30am-15:30 p.m	8	3	65,00	0,95	179,56	30	2	0,001025	0,0308	2975,83	714,20
75	Bloques	Bombeo	7:30am-15:30 p.m	8	3	55,00	0,95	72,67	60	2	0,001025	0,0615	974,69	233,93
125	Bloques	Refrigeración	01:00am-12:00 pm	24	3	46,00	0,95	127,08	45	1/0	0,000696	0,0313	1517,30	1092,45
30	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	1	3	5,00	0,95	7,97	115	1/0	0,000696	0,0800	15,27	0,46
25	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	1	2	5,00	0,99	21,04	92	2	0,001025	0,0943	83,56	2,51
37,5	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	1	2	5,00	0,99	21,04	67	2	0,001025	0,0687	60,85	1,83
37,5	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	1	2	5,00	0,99	21,04	110	2	0,001025	0,1128	99,91	3,00
37,5	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	1	2	5,00	0,99	21,04	108	2	0,001025	0,1108	98,09	2,94
<b>Total pérdidas en redes areas a 220 V</b>													<b>8,438,18</b>	<b>2.521,59</b>

kw	kwh-mes
17,39	4.256,49
8,44	2.521,59
8,95	1.734,90

**PERDIDAS CON LA CONFIGURACION ORIGINAL**  
**PERDIDAS PROYECTADAS CON LA NUEVA CONFIGURACION + CORRECCION DEL BAJO F.P.**  
**AHORRO NETO PROYECTADO**

**FIGURA 3.19.** Reducción de Pérdidas al implementar las modificaciones en las redes secundarias más la corrección del Bajo Factor de Potencia, sugeridas en el Estudio Eléctrico en Denmar

### 3.8.5 Análisis de la Iluminación

Como se explica en el Capítulo 1, en la Finca Denmar se procesa toda la flor que se corta en la finca Marledíán y la finca Denmar, por esta razón se tiene una potencia instalada prácticamente grande, aunque el consumo mensual es relativamente pequeño comparado con otros procesos.

En la figura 3.20 se describe la distribución de luminarias en el área de Postcosecha:

	Unidades	Potencia Unitaria (watts)	Potencia Instalada (kw)
Iluminación Boncheo	120	0,04	4,8
Iluminación Cuarto F. 1	36	0,04	1,44
Iluminación Cuarto F. 2	20	0,04	0,8
Iluminación Cuarto F. 3	10	0,04	0,4
Iluminación Boncheo Spray	34	0,04	1,36
Iluminación Cartones	18	0,04	0,72
TOTAL:			9,52

**FIGURA 3.20.** Ubicación de lámparas fluorescentes y potencias por sector y total en el área de Postcosecha finca Denmar.

En general las lámparas se encuentran bien ubicadas y son utilizadas durante al menos 10 horas diarias, incrementándose su uso en temporada alta (San Valentín y Día de las Madres) hasta 16 horas durante 10 o 15 días.

En los cuadros de Balance de Potencia y Energía se puede apreciar su incidencia dentro de la potencia y consumo totales.

### 3.8.6 Análisis de protecciones en MT y BT

Se realizó el levantamiento de todo el equipo de protección donde se tomaron los siguientes datos:

- Ubicación de los elementos de interrupción y protección

- Dimensionamiento de éstos elementos

**Para la red de MT** la protección tanto a la entrada de la finca como de cada uno de los transformadores se la realiza a través de tirafusibles, sobredimensionados en un 50% al valor nominal de la corriente del transformador en MT.

**En la red de BT** la protección bajo el transformador es el fusible lento tipo NH. Está dimensionado generalmente con una sobrecarga del 25% y se soporta en bases portafusibles ubicadas en capacetes de hierro tol ubicadas bajo cada transformador.

Es de anotar que todos los fusibles, tanto de MT como de BT están visiblemente oxidados, y se ordenó su limpieza al personal de mantenimiento, para evitar sobrecalentamientos en las uniones.

Por otro lado, para distribución terminal se utiliza los breakers o interruptores termomagnéticos.

Se ha comprobado que cuando el interruptor termomagnético es del tipo extraíble y se ubica en algún tablero centro de carga, inmediatamente aguas abajo del transformador, la selectividad es total con respecto al fusible del transformador.

Cuando se trata de interruptores caja moldeada que se alimentan directamente de la salida del transformador y a través de ramificaciones conducen la corriente a otros circuitos aguas abajo, debido a errores de dimensionamiento, la selectividad es parcial y no garantiza la continuidad del servicio.

Las protecciones de los equipos instalados en la planta de Denmar se detallan en el diagrama unifilar que se presenta a en el numeral 3.4.3

### 3.9 CONTROL DE LA DEMANDA.

Siendo uno de los más fuertes rubros dentro de la planilla de consumo eléctrico, la demanda puede ser objeto de reducción, esto se logra organizando la entrada y salida de carga, de forma que se evite la coincidencia de cargas importantes siempre y cuando sea posible.

Este Control de Demanda no debe afectar los procesos productivos y su cumplimiento debe ser infalible, pues la demanda máxima registrada en cualquier intervalo de medición de 15 minutos es válida para todo el mes de facturación.

#### 3.9.1 Perfil de carga actual.

De acuerdo a las planillas de EMELNORTE, la florícola Denmar reduce su demanda a 189 kW para el mes de marzo, mientras que para los otros meses ha llegando a tener demandas de hasta 235 kW, tal como consta en el ítem 3.7.1 en el cuadro de Factor de Carga Histórico de Denmar.

La curva o perfil de carga que se aprecia a continuación en la *FIGURA 3.21*, corresponde a un día normal de trabajo, curva registrada con el equipo de medición en la entrada principal de la plantación.



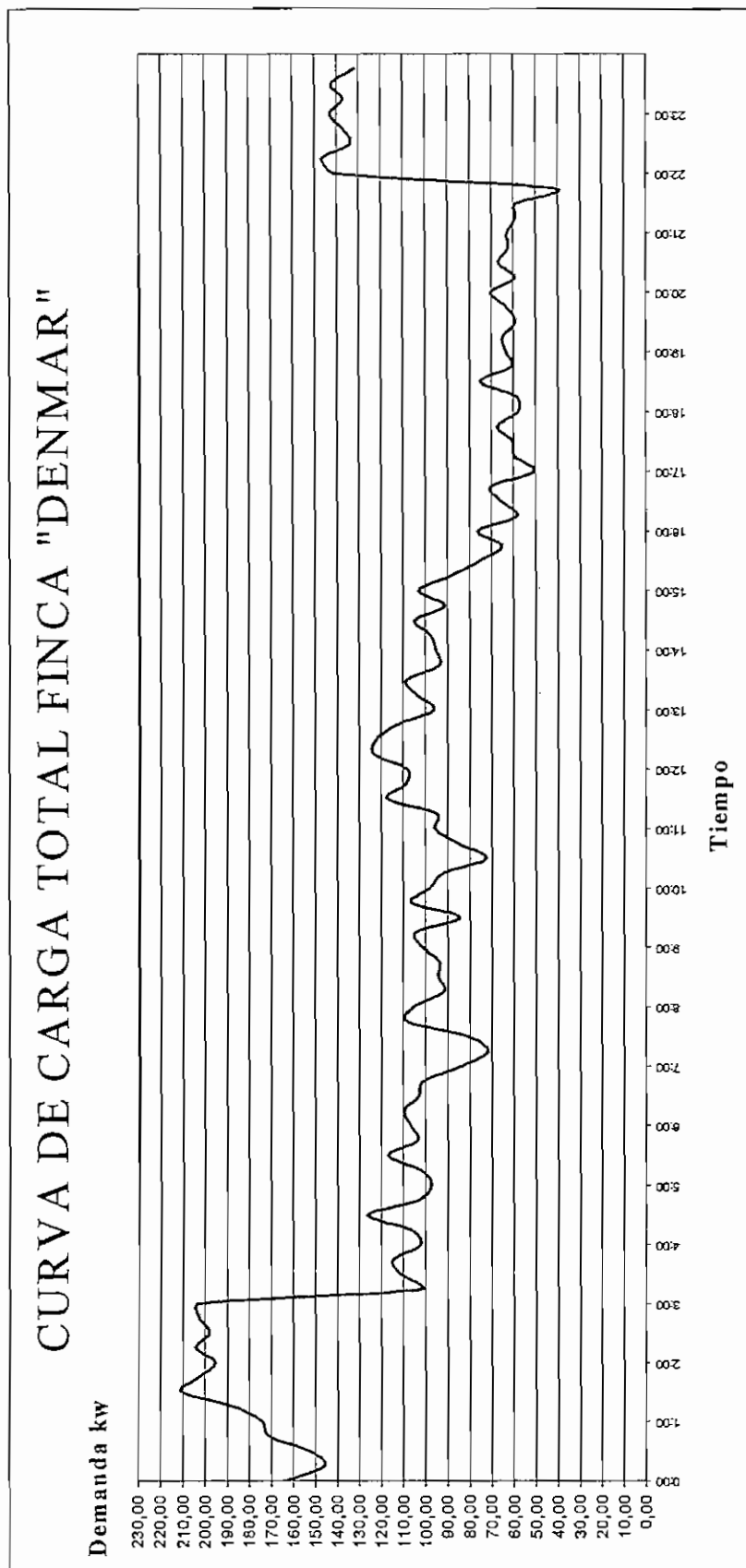


FIGURA 3.21. Perfil de Carga Total, tomado con el Equipo ABB A1RLQ+ en el punto de entrega de energía eléctrica para la finca de Denmar

### 3.9.2 Curva de Carga aplicando el Estudio Eléctrico.

Para lograr reducir el pico de carga, sin tomar en cuenta la carga de sublimación que en un futuro inmediato será suspendida, es necesario seguir las siguientes recomendaciones:

- a) El proceso de fumigación empiece a las 02:00 hasta las 06:00 de cada día.
- b) El bombeo de Postcosecha empiece su labor a las 07:30 hasta las 15:30.
- c) En lo que respecta al pozo profundo se ha determinado que sus horas de operación debe ser desde las 15:00 hasta las 23:00.
- d) También es necesario que la bomba de pozo profundo trabaje sólomente en horas de la madrugada, desde las 22h00 hasta las 6h00.

Con estos cambios en la operación diaria se reduce el pico de demanda en 90 kW, lo que implica una reducción de USD 800 mensuales en la carta de consumo.

En la *FIGURA 3.22*. se puede observar la curva de carga esperada al aplicar las recomendaciones descritas anteriormente.

En el ANEXO 3.3 se puede apreciar las curvas individuales esperadas para cada uno de los procesos productivos en la finca Denmar, datos con los cuales se arma la curva de carga esperada que muestra la *FIGURA 3.22*.

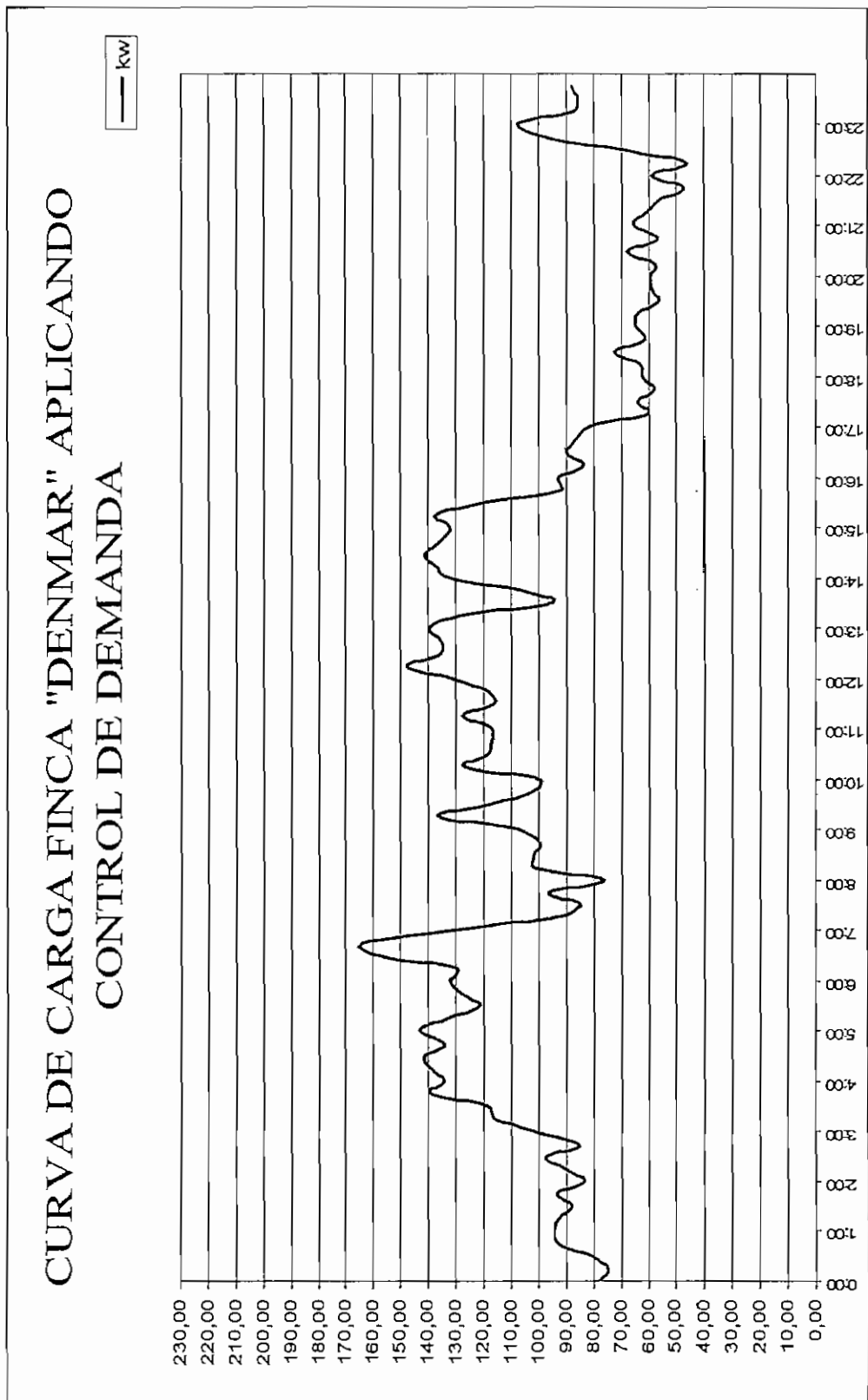


FIGURA 3.22. Perfil de Carga Total Proyectado con el Estudio, armada al sumar las curvas individuales del anexo 3.3, para la finca de Denmar

### 3.10 CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS PROYECTADOS CON LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LA FINCA DENMAR

El objetivo principal del estudio eléctrico se ve cuantificado en el presente resumen, cuando después de organizar toda la información recogida y analizarla con criterio técnico definido se consigue determinar las acciones a tomarse para lograr la optimización del sistema.

#### 3.10.1 Optimización de motores

La FIGURA 3.23. muestra el costo del reemplazo de los motores eléctricos y el número de años que tomaría recuperar la inversión con beneficio económico a obtener por la reducción de pérdidas:

Proceso	Equipo	Pot. Nom. (kW)	Pérdidas kw	Horas de operación	US \$/año	Costo del motor USD	Tiempo de recuper. (años)	Observac.
	Blower 1	20,11	0,98	8	288,54	1480	4,23	
	Presión Cte	8,72	0,23	8	69,07	850	8,00	
	Presión Cte	8,72	0,49	8	143,57	850	4,74	
	Presión Cte	6,4	0,15	8	42,82	850	10,75	
Caldero	Combustible	1,39	0,11	8	32,60	234	5,48	
	Recirculación	2,65	0,07	8	20,67	234	7,57	
	Tanque Exp.	1,39	0,11	8	33,85	234	5,33	
	Descarga Bunker	7,5	0,73	2	53,77	680	8,15	
Bombeo-1	Mezcla fert. Sect.1	3,7	0,52	8	151,98	550	3,18	
	Bomba riego 1	7,5	0,37	8	107,88	780	5,51	
	Bomba riego 2	7,5	0,28	8	81,53	780	6,75	
Fumigación	Fumigación 1	5,6	0,50	8	148,07	530	3,15	
	Fumigación 2	5,6	0,64	8	187,73	530	2,57	
Bombeo-2	Mezcla fert. Sect.2	3,7	0,53	8	156,72	550	3,10	
	Bomba riego 1	7,5	0,33	8	96,01	780	6,00	
	Bomba riego 2	7,5	0,39	8	114,92	780	5,26	
	Bomba riego 3	7,5	0,41	8	121,90	780	5,03	
Bombeo-3	Pozo profundo	15	2,83	8	835,87	4550	4,44	
	Agua Limpia	3,7	0,43	4	62,79	234	3,26	
Bombeo-4	Fertilizantes	15	1,53	8	450,16	1250	2,54	

FIGURA 3.23. Tiempo de Recuperación de la Inversión para el caso de cambio de un motor eléctrico en Denmar.

El cálculo del tiempo de recuperación de la inversión se realiza aplicando el concepto de la anualidad, a un interés anual del 12%, con pagos anuales iguales al valor del ahorro calculado.

Analizando el cuadro no se sugiere cambiar motor alguno en esta finca.

### **3.10.2 Optimización de Redes Secundarias**

Con el rediseño de la red de alimentación de cuartos fríos y bombeo se reducen las pérdidas en redes secundarias en 3.56 kW de demanda y 853 kWh de energía mensual, lo que implica al costo de 5.708 USD/ KW demanda y 0.0788 USD/kWh un ahorro mensual de USD 20.31 en demanda y USD 67 por energía, lo que da un total de USD 87 por mes, adicionando el 30 % de impuestos da un total de USD 112 de ahorro mensual.

### **3.10.3 Optimización de Transformadores**

Para el caso de los transformadores si se desconecta de media tensión los centros de transformación de 75 kVA mientras no se ocupa y se redistribuye la carga en los transformadores de 100 y 125 kVA se reduce la energía mensual por pérdidas en 3 kW de demanda y 776 kWh de energía, lo que representa un costo de US \$ 101.75 por mes incluido impuestos.

### **3.10.4 Con la instalación de bancos de capacitores (Factor de potencia)**

Al quitar el sistema de sublimación se produce un decremento sustancial de energía activa, lo que provocará una caída del factor de potencia, según las facturas de EMELNORTE, el factor de potencia de DENMAR con sublimación tiene un promedio de 0.932, es decir, al límite de la penalización.

Al quitar el sistema de sublimación el factor de potencia desciende a 0.865, lo que produce una penalización de US \$ 250 por bajo factor de potencia

Además con el control apropiado del factor de potencia en sitios estratégicos se reduce las pérdidas en redes secundarias en 1.3 kW y 379 kWh, dando un valor con impuestos de US \$ 48.5 por mes.

El ahorro mensual de la plantación por mejorar el factor de potencia es de US \$ 298.5

### 3.10.5 Con el Control de Demanda.

Con las recomendaciones anteriormente anotadas, se espera reducir el pico de demanda a 90 kw, con una reducción de 110 kw del pico actual.

Obviamente esta reducción es muy beneficiosa económicamente para Denmar, pero aún se puede hacer más si se toma en cuenta lo que se expone a continuación.

El pago de la energía y demanda para la tarifa del abonado industrial con demanda se realiza de la siguiente manera:

- Un pago por energía desde las 22:00 hasta las 07:00 por un valor del 20 % menos de la tarifa real. (0.63 USD/kWh)
- Un pago por energía desde las 07:00 hasta las 22:00 por el valor real de la tarifa (0.0788 US\$/kWh)
- El pago por demanda se realiza bajo el siguiente criterio:

$$\text{Dem. fact} = \frac{\text{kW} - \text{Max } 18:00 - 22:00}{\text{kW} - \text{Max del día}}$$

Si el valor de la demanda en horas pico es inferior al 70 % del valor de la demanda máxima registrada en un intervalo de medición, se tomará como valor mínimo (o valor de facturación) el 70 % del valor máximo registrado por ese intervalo de medición (usualmente un mes), y en el caso que este factor se encuentre entre 0,7 y 1 se multiplicará este factor por la demanda máxima registrada.

En resumen si la demanda máxima registrada está fuera de horas pico, no se debe facturar esa demanda al 100% de su valor real.

El factor que reduce este pago relaciona directamente la demanda máxima en horas pico y la demanda máxima en todo el día, y el límite inferior de este factor de reducción es 70%.

Para el caso de DENMAR sin el ingreso del bombeo de pozo profundo a 460 V se resume en los valores de la *FIGURA 3.24*:

Bandas Horarias	Lecturas de Medición			Costos Unitarios		Costos Finales	
	Energía Consumida (kw-h/mes)	Potencia Máxima (kw)	Demanda Facturable (kw/mes)	Costo de Energía (usd/kw-h)	Costo de Demanda (usd/kw)	Costo de Energía (usd)	Costo de Demanda (usd)
22h00 a 07h00	23654	126,78		0,0631		1492,57	
07h00 a 18h00	28920	118,81	88,74	0,0788	5,7	2278,90	505,82
18h00 a 22h00	7029	75,76		0,0788		553,89	
SUBTOTAL	59603		88,74			4325,35	505,82
				Total Consumo+Demanda			4831,17
				Impuestos 30%			1449,35
				TOTAL.			6280,52

*FIGURA 3.24. Proyección de Consumo Horario en Denmar.*

Como la potencia total de la florícola en horas pico es menor del 70 % de la potencia máxima, entonces la demanda facturable es el 70 % de la potencia máxima, que para el caso de DENMAR luego de mejorar el perfil de carga es de 90 kW.

El valor total de la planilla para DENMAR sin impuestos al reorganizar la curva de carga es de **US \$ 4.831**, mientras que el valor tal como venía desempeñando las actividades DENMAR es de **US \$ 5.636**. Lo que implica que al reorganizar las actividades existirá un beneficio con impuestos de **US \$ 1.046** a la factura de Emelnorte.

### 3.10.7 RESUMEN DE LOS BENEFICIOS ANUALES ESPERADOS E INVERSIONES NECESARIAS

El resumen de ahorro de energía y reducción de la demanda se puede apreciar a continuación en la *FIGURA 3.25*:

Beneficios Económicos Anuales implementando el Estudio realizado

Equipo	Energía (kWh)	Demanda (kW)	Beneficio US \$ / año	Impuestos US \$	Total US \$
Reducción de Pérdidas Redes Secundarias	1.356	8	1.803	541	2.344
Reducción de Pérdidas Redes Secundarias, mejorando el factor de potencia	379	1	450	135	585
Reducción de pérdidas en transformadores	840	3	1.002	301	1.303
Reducción de pérdidas por sublimación	1.597	0	1.510	453	1.963
Control de demanda	0	90	6.165	1.849	8.014
Factor de Potencia			3.216		3.216
<b>Total</b>	<b>4.172</b>	<b>102</b>	<b>14.147</b>	<b>3.279</b>	<b>17.426</b>

*FIGURA 3.25. Resumen de Beneficios Económicos Anuales Esperados para Denmar*

En la *FIGURA 3.26*. consta el detalle de las inversiones necesarias y el tiempo de recuperación estimado.

Inversiones y Tiempo de Recuperación del Capital

Equipo	Inversión usd	Beneficio usd /año	Tiempo de recuperación (años)	Periodo de recuperación
Read. Redes BT- Bombeo y Ctos. Fríos	1.550,00	1.665,67	0,93	Corto plazo
Corrección Bajo FP Bombeo y Caldero	2.610,00	3.681,91	0,72	Corto plazo
<b>Total</b>	<b>4.160,00</b>	<b>5.347,58</b>	<b>0,79</b>	<b>Corto plazo</b>

*FIGURA 3.26. Resumen de las Inversiones Necesarias en Denmar*



La cotización de las obras y equipos necesarios para optimizar el sistema son del listado de precios del autor del presente proyecto y a la fecha se encuentran implementados en su mayoría.

### 3.11 POSIBILIDADES DE AUTOGENERACIÓN.

Al reorganizar la demanda de la plantación, la potencia máxima en el peor de los casos es de 130 kW con un control del factor de potencia de la plantación a 0.95 , al cual hay que preverle un reserva del 20 % de crecimiento, por lo que se requiere para el funcionamiento de toda la florícola un generador de 164 kVA.

Considerando que los generadores térmicos a diesel disminuyen su potencia con el incremento de la altura, para la zona de Cayambe la pérdida de potencia por altura es del 10 %, por lo que el generador deberá ser de una potencia no menor a 180 kVA con factor de potencia típico de estos generadores de 0.8.

El generador que se encuentra en la finca Marledián, en el sector de calderos, tiene una potencia de 256 kVA, siendo utilizado como máximo al 40% de su capacidad. Este generador podría ser intercambiado con el generador Stamford del sector de calderos en Denmar. Con el generador de 256 kVA, elevando a media tensión el voltaje a través del transformador de 200 kVa que se encuentra en la misma finca de Marledián, se podría alimentar normalmente todas las instalaciones de Denmar, siempre y cuando la red de Emelnorte se encuentre desconectada.

En el Capítulo 4 se analiza los procedimientos de instalación y los resultados económicos obtenidos con la autogeneración en la Florícola Wely Flor del sector de Tupigachi.

# CAPÍTULO

4

# ANALISIS DEL SISTEMA DE AUTOGENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN GRANJA FLORICOLA “WELYFLOR”

## 4.1 INTRODUCCION

En este capítulo se muestra los resultados y la experiencia propia del autor del presente proyecto dentro del estudio, diseño y montaje del sistema de autogeneración del energía eléctrica de la Florícola Wely Flor, realizado a finales del año 2.001.

Además se analiza el beneficio y costo del sistema que actualmente alimenta de energía a esta finca, la cual funciona aislada del sistema eléctrico de EMELNORTE.

## 4.2 ANTECEDENTES

La Plantación “WELY FLOR”, se encuentra ubicada en el kilómetro dos vía Tupigachi, en el cantón Cayambe. Es propiedad de Asociación Agro-Inversiones I y II, empresa holandesa.

Como experiencia propia se puede informar que en el mes de Julio del año 2001, junto con otro joven ingeniero politécnico, se ganó la licitación para la corrección del bajo factor de potencia en la florícola “Wely Flor”. Para asegurar el contrato, la propuesta fue acompañada de un estudio eléctrico basado en la configuración de ese entonces y los datos de carga que se tomaron con analizadores de redes. Aunque este estudio no tuvo la profundidad de los estudios realizados en los capítulos anteriores, fue lo suficientemente convincente y sirvió para ganar el concurso.

Luego de instalados los equipos para la corrección del Bajo Factor de Potencia, y habiendo dejado un buen precedente, Wely Flor solicitó otros

servicios de ingeniería eléctrica, debido a que la plantación estaba sufriendo de apagones continuos por fallas en la red de Emelnorte y problemas en el S.N.I.

Como para ese año se esperaban racionamientos energéticos a nivel nacional, solicitaron realizar un estudio para la instalación de un grupo generador diesel que soporte toda la carga del sistema y las adecuaciones necesarias para distribuir esta energía eficazmente en toda la plantación.

Durante la etapa preliminar del estudio que definiría la oferta para presentar a Wely Flor, y una vez conocidas las características de los generadores que podrían ser instalados y su rendimiento, se deduce que el costo de autogeneración es significativamente menor al costo final del kilovatio-hora que vende Emelnorte, particular que rápida y oportunamente es comunicado al industrial.

El estudio toma un nuevo curso y busca la forma de autogenerar permanentemente reduciendo al mínimo la inversión inicial para poder mejorar el tiempo de recuperación del capital.

Nuevamente Wely Flor tomando la idea anterior, llama a concurso de ofertas para realizar la instalación del sistema de generación permanente para la plantación, en el cual participan tres ofertantes.

La idea que se presentada y con la cual se volvió a ganar el concurso de ofertas, en sus puntos principales se expone a continuación:

- Realizar un correcto estudio de reorganización de la demanda, para disminuir el pico máximo y aplanar el lo posible la curva cuyo factor de carga promedio era inferior a 0.4.
- Con la reducción de la demanda máxima se conseguiría reducir la inversión en el generador necesario para abastecer a la plantación.

- Ya que la intención es desconectarse permanentemente de Emelnorte, se sugiere la compra de dos generadores idénticos, para trabajar en intervalos continuos de 300 horas (tiempo recomendado para cambio de aceite) de forma alternada.
- La distribución de la energía se la realizará mediante la red de medio voltaje a 13800 voltios.
- No se comprarán más transformadores que los ya existentes y se reubicarán los dos transformadores más grandes de la plantación para elevar el voltaje y transferir la potencia del generador a la carga.
- Se construirá una mini sub-estación elevadora para reducir los costos en aparatación eléctrica necesaria para transferir la potencia.
- Será el mismo industrial quien adquiera a su nombre todos los equipos; los diseñadores sólo se encargarán de la dirección técnica y puesta a punto de la instalación, la cual realizará personal recomendado por los diseñadores pero contratado y pagado directamente por el industrial.

### 4.3 RESUMEN DEL ESTUDIO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE LOS GRUPOS DE GENERACIÓN DE WELY FLOR.

#### 4.3.1 Wely Flor antes de aplicar el control de demanda.

El problema de la exagerada demanda facturable, ocasionada por la coincidencia innecesaria de varios procesos de producción también causaba grandes perjuicios económicos en Wely Flor.

Fue necesario realizar las recomendaciones justas para lograr disminuir el pico de demanda, pues de esto dependía la inversión inicial.

El Factor de Carga antes del Control de Demanda era de 0.41, es decir la relación entre el pico máximo y el promedio era de 2.43 veces.

En la *Figura 4.1* se puede apreciar la Curva de Carga total de Wely Flor antes de aplicar el control de demanda, donde se nota que el pico máximo registrado era muy superior al valor promedio de demanda durante un día cualquiera.

En la *Figura 4.2* se muestra el plano de la red eléctrica de Wely Flor, antes de realizar las modificaciones actuales.

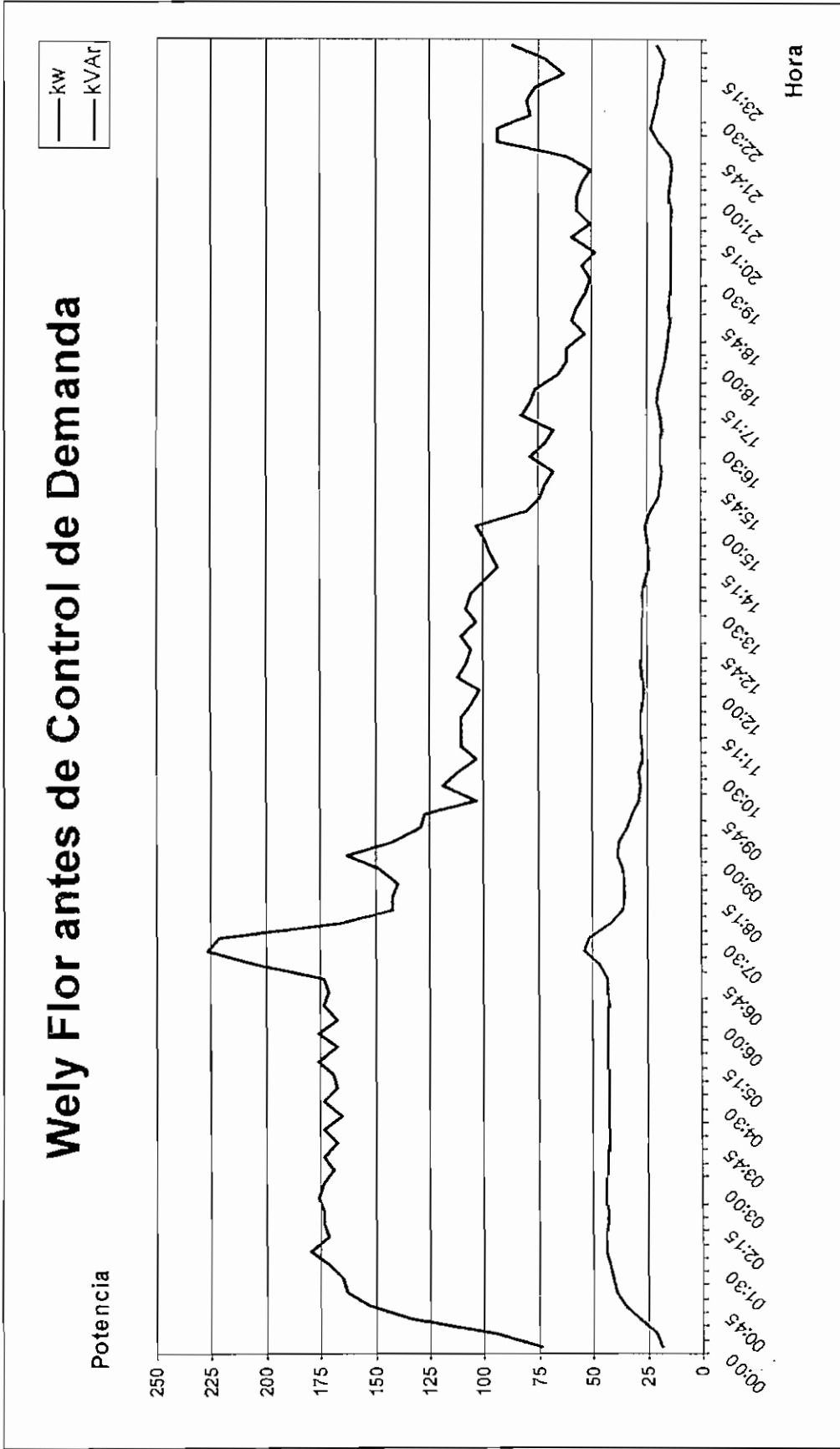


Figura 4.1. Curva de Carga de Wely Flor antes del Control de Demanda.



# "WELY FLOR" ANTES DE LAS MODIFICACIONES EN LA REDES DE MT Y BT

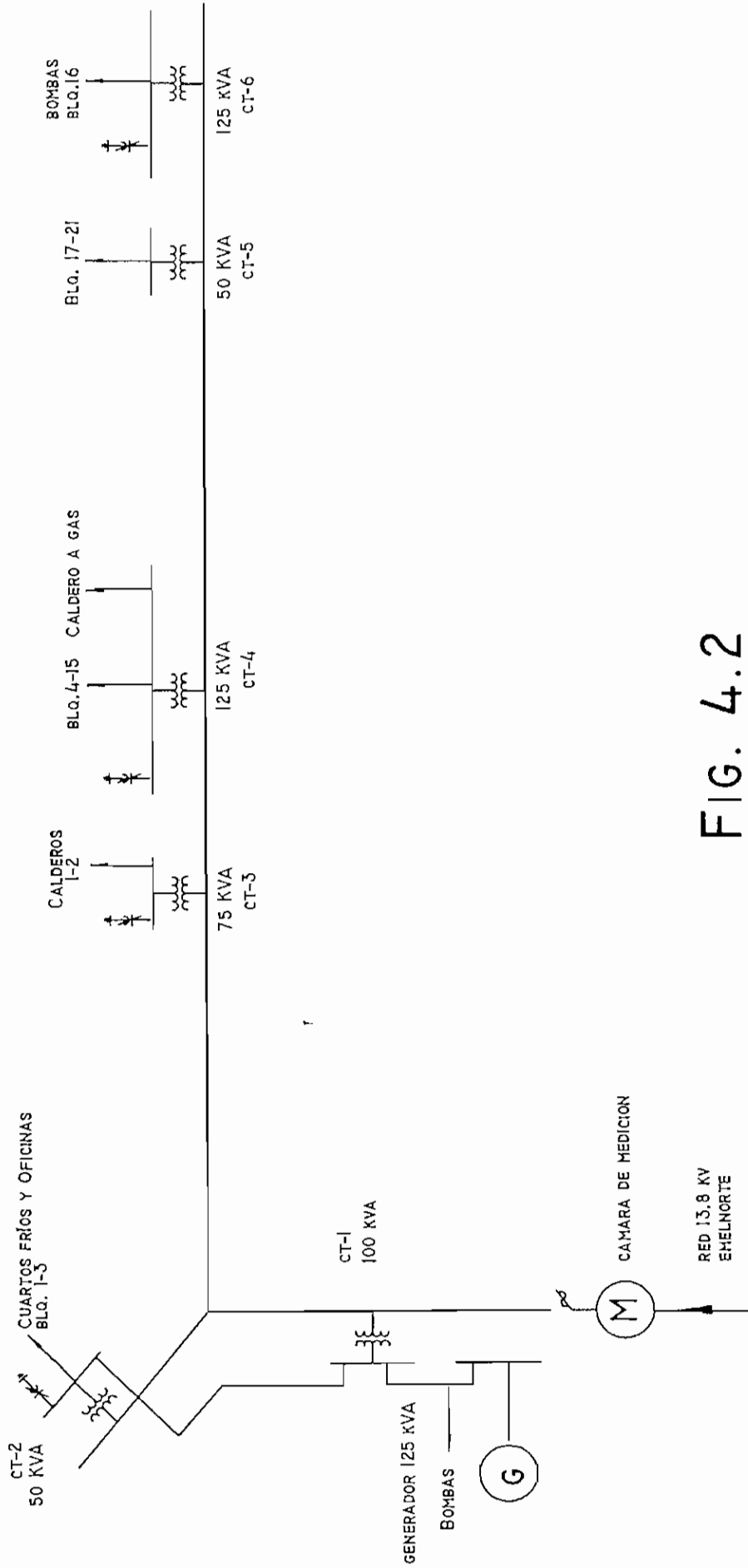


FIG. 4.2

<b>E.P.N.</b> 	Optimización de Carga y Recursos Eléctricos Propios Granjas Florícolas del Cantón Cayambe		
	<b>DIAGRAMA UNIFILAR FLORICOLA WELYFLOR</b>		
AUTORES DORVORWA PASTORINI	BLO 100	Ene./2003 P.001	HOJA 1 DE 1

#### 4.3.2 Recomendaciones para reducir la Demanda Máxima

Como se pudo observar en los capítulos anteriores, las diferentes actividades y procesos que se realizan diariamente en una plantación de flores tecnificada, tienen sus horarios establecidos y cumplen funciones específicas.

Si en la mañana, los 65 kw de calderos continúan trabajando a la hora en la que se encienden los 45 kw del sistema de bombeo y simultáneamente el personal de campo enciende las ventanas de los bloques e ingresa al sistema de cuartos fríos, entonces la demanda coincidente en el intervalo entre las 07h00 y 09h30 se dispara a 225 kw.

Este pico era registrado por el medidor de Emelnorte y se facturaba mensualmente a un precio de 1.620 usd incluido impuestos.

Una vez estudiados los procesos de producción individualmente, y seguros de no afectar el proceso de producción, se dieron las siguientes recomendaciones:

- El Sistema de Calderos debe trabajar desde las 22h00 hasta las 06h30 como límite máximo.
- El sistema de Bombeo de Riego debe encenderse a las 07h00 y no antes, pero asegurándose de que los calderos ya se hayan apagado. Además debe apagarse antes de las 17h30 para no ingresar en la banda horaria de máxima penalización por demanda (18h00 a 22h00).
- El personal debe ingresar a los cuartos fríos luego de las 07h30, cuando el sistema de Bombeo haya tenido tiempo suficiente para estabilizar la presión en las tuberías y haya descendido su pico individual de consumo. Por otro lado el personal deberá abandonar los cuartos fríos antes de que se vaya a encender los calderos (temporada alta).

- Las ventanas de los invernaderos (ventanas eléctricas) deben abrirse dividiendo por grupos y por bloque, a partir de las 08h00, cuidando que no se abran todas a la vez para, controlando así la demanda coincidente de este proceso en particular.

Siguiendo estas recomendaciones, se espera que la nueva demanda máxima, esté compuesta para cada caso de las siguientes cargas:

Capacidad transformador	Demanda (kW)		Ubicación
	Mañana	Noche	
125 kVA Norte	14	25	Blq. 16-21
125 Kva	30	30	Blq. 4-15
100 kVA	45	0	Bombas
75 kVA	10	65	Calderos
50 kVA	45	20	Postcosecha
Total	144	140	Florícola

**Figura 4.3.- Demanda proyectada por transformador en Wely Flor**

En la *Figura 4.4.* se muestra la Curva de Carga Esperada al aplicar el correctamente las recomendaciones para el Control de la Demanda. De forma clara se nota que el pico máximo de carga es 144 kw en el día y 140 kw en la noche.

# Wely Flor curva esperada con Control de Demanda

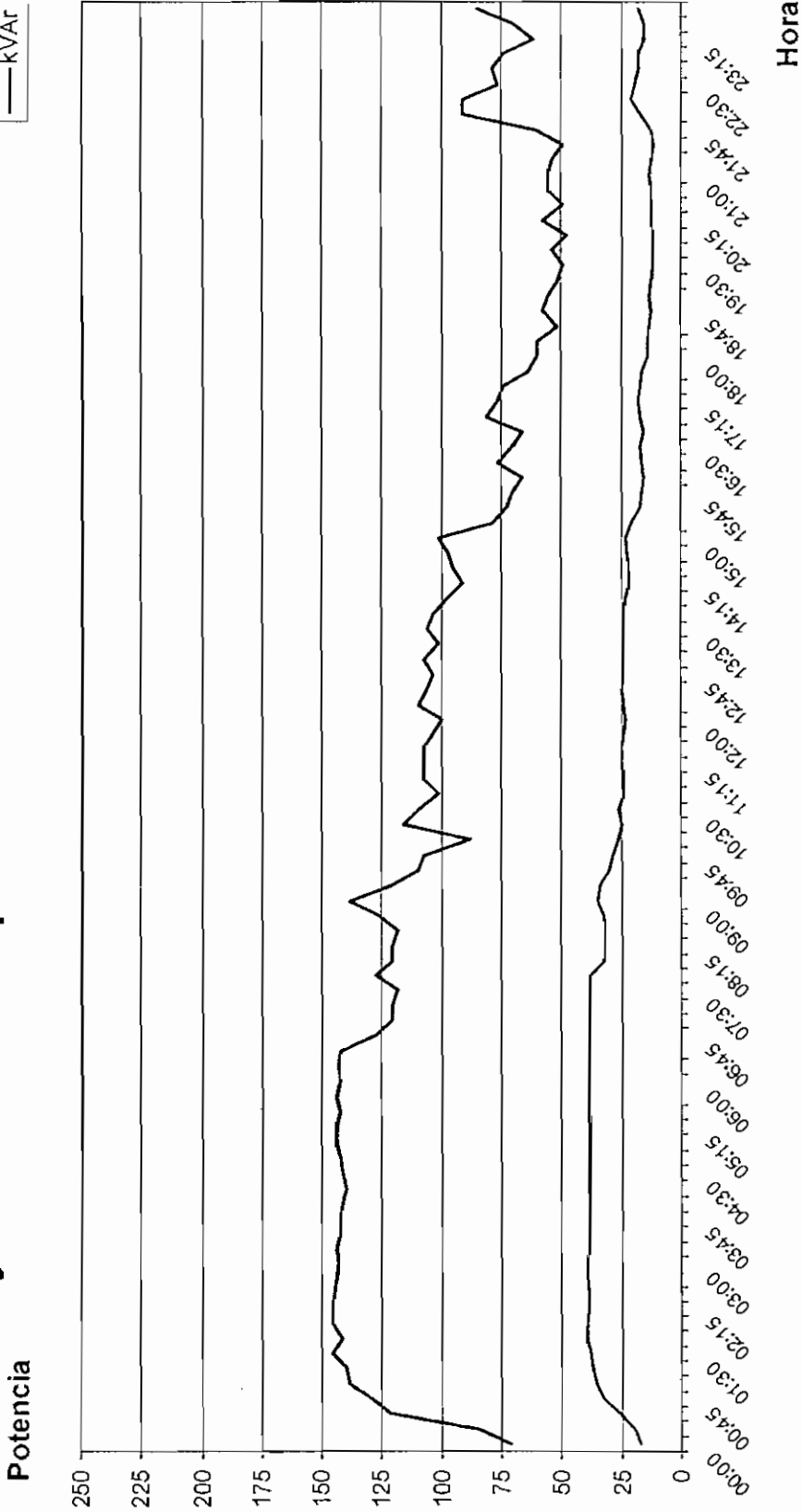


Figura 4.4. Curva de Carga de Wely Flor aplicando el Control de Demanda.

Como complemento para realizar la instalación de los generadores, se sugiere realizar los siguientes cambios para optimizar la potencia instalada en transformadores:

- 1) Retirar el transformador de 125 kVA de la zona norte, que actualmente alimenta a los bloques desde el 16-21 y bombas, a éste reemplazarlo por el transformador de 50 kVA que deberá retirarse de la zona de cuartos fríos y compartir la carga entre los dos transformadores de 50 kVA que quedarán juntos en la zona norte.
- 2) En lugar del transformador de 50 kVA de cuartos fríos deberá colocarse el de 75 kVA que actualmente alimenta a calderos pues el de 50 kVA que se retiró estaba sobrecargado en un 40%.
- 3) Subir el transformador de 50 kVA que se encuentra en bodega y colocarlo para alimentar a los bloques del 4 al 15, poniéndolo en lugar del de 125 kVA que también se encuentra en la zona de calderos.
- 4) Utilizar el transformador de 125 kVA de la zona norte y el de la zona de calderos como elevadores, colocándolos en paralelo, para desde el grupo de emergencia suministrar la energía hasta la red en media tensión.
- 5) Una vez que se ubiquen los generadores, el sistema de calderos será alimentado directamente por baja tensión, ya que se encuentran en la misma sala de máquinas.
- 6) Con la finalidad de alimentar por baja tensión a las bombas y cuartos fríos, en el supuesto caso de falla de los dos grupos de generación, es necesario se modifique la ruta que va desde el generador viejo de marca John Deere, haciendo transferencia en el lado de baja tensión.

En la FIGURA 4.5 se presenta el esquema eléctrico actual, reubicación de los transformadores, con la instalación del grupo generador

# "WELY FLOR" DESPUÉS DE LAS MODIFICACIONES EN LA REDES DE MT Y BT

GENERADORES CAT 2 X 225 KVA

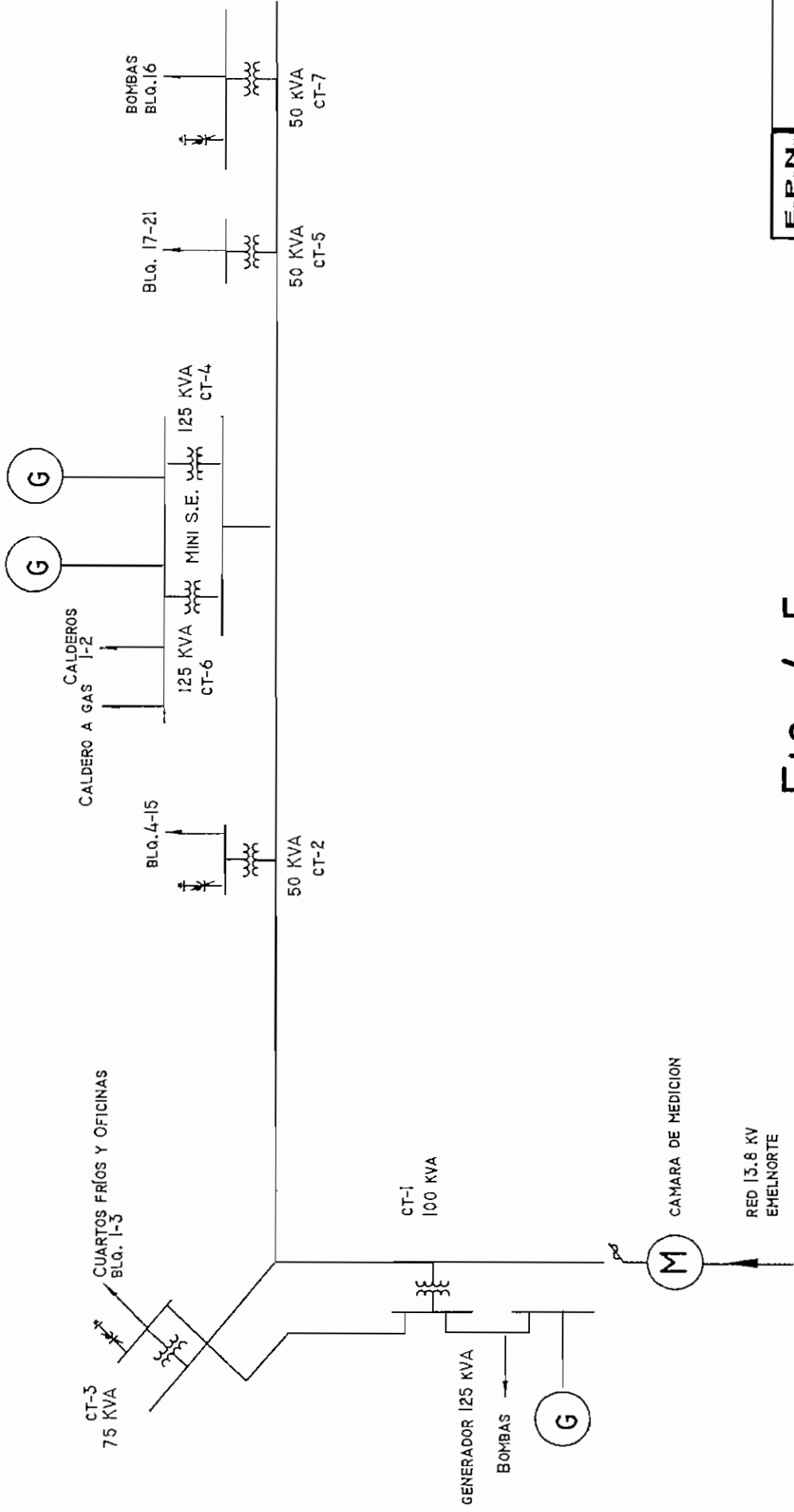


FIG. 4.5

12

E.P.N.

Optimización de Carga y Recursos Eléctricos

Granja Florícola del Cantón Cayambe

DIAGRAMA UNIFILAR FLORICOLA WELYFLOR

ALUMNO	FECHA	EMPLEADO	FECHA

### 4.3.3 Criterios para la selección del Generador.

Una vez comprobado el beneficio de las recomendaciones sobre la demanda máxima, se procede a calcular la potencia de los generadores a adquirir, para lo cual se toman los siguientes lineamientos:

**Reserva de Potencia.-** Sobre un pico de 150 kw, y una vez consultado con el industrial acerca de sus planes a futuro y posibilidades de incrementos de carga, se toma una reserva del 10%. La nueva potencia de diseño es de 165 kw efectivos.

**Arranques Pesados.-** Al no existir en la plantación motores de potencia mayor a 20 kw, la reserva para arranques pesados se la carga a la reserva de potencia.

**Factor de Potencia.-** Como se dijo anteriormente, la corrección del factor de potencia de la plantación fue la puerta de entrada a Wely Flor, actualmente el factor de potencia global es de 0.93, consecuentemente no se tendrá problemas de sobrecorriente pues el dato del placa de un generador diesel generalmente es de 0.8 inductivo.

**Altura de Instalación.-** La plantación se encuentra a 2800 metros sobre el nivel del mar, el enrarecimiento del aire afecta a la combustión y a la capacidad de disipar el calor, causando una pérdida de potencia con respecto a las características de placa. Como la máquina es de gran potencia, tiene un sistema de inyección turbo diesel mejorado, que poco se ve afectado por la diferencia de la presión atmosférica, por tal razón el factor asumido para el cálculo se lo definió en 0.9. Con este factor la potencia activa final de dimensionamiento es de 180 kw.

A factor de potencia 0.8, la potencia aparente del generador necesario para suministrar la energía cumpliendo con los criterios de dimensionamiento es 225 kVA.

Los generadores adquiridos son de Marca Caterpillar, tipo SR4B Prime, capaces de trabajar ininterrumpidamente hasta 300 horas, tiempo en el cual debe cambiarse el aceite de motor de forma obligatoria por recomendación del fabricante.

#### 4.3.4 RESUMEN SOBRE EL MONTAJE DE LOS EQUIPOS

Una vez aceptada la propuesta, Wely Flor se encargó de comprar todos los equipos y elementos requeridos por los diseñadores, en general la instalación comprendía las partes:

- Dos generadores tipo prime de 225 kVA a 220 V, 60 Hz
- Un tablero principal con 2 interruptores tripolares automáticos de 800 amperios, regulables, juego de barras de 1250 amperios e interruptores de menores amperajes para las cargas diversas, tal como muestra el diagrama unifilar de la *Figura 4.6*.
- Una mini- subestación elevadora de 220 V a 13800 V, compuesta por dos transformadores de 125 kVA colocados en paralelo, es decir de una potencia de transferencia máxima instalada de 250 kVA.
- El sistema de alimentación de combustible hacia los generadores, compuesto principalmente por un tanque de 5000 galones usado anteriormente para almacenar búnquer para el sistema de calderos y la tubería con los filtros necesarios.
- El sistema de canaleta metálica aérea y los circuitos de cables calculados para poder transferir la potencia cumpliendo con las recomendaciones y tolerancias en cuanto a calentamiento y caída de voltaje.



Para el montaje de la subestación fue necesario la construcción de una malla de tierra cuya resistencia de diseño fue menor de 10 ohms, la erección de dos postes de hormigón de 11 metros, 350 kilogramos de resistencia a la ruptura por esfuerzo tangencial, un sistema de barras en 13800 V donde se ponían en paralelo los dos transformadores y toda la aparamenta necesaria como son seccionadores (principal y por transformador), pararrayos, y mallado del neutro, etc. El diseño y construcción de la mini Subestación tomó aproximadamente dos semanas, participando en el proyecto linieros particulares con amplia experiencia bajo la supervisión de los diseñadores.

El montaje de los circuitos de alimentación de bajo voltaje se los realizó con Esquema de Conexión a Tierra tipo TN-S, conforme manda la norma CIE 60 364.

Toda la mano de obra de canalización, cableado y alimentación de los circuitos de fuerza fue realizado por los diseñadores y sub\_ contratistas de la ciudad de Quito en tres días de trabajo.

La energización de los tableros y pruebas de funcionamiento se realizaron el día 30 de Diciembre del 2001, con la presencia del Jefe Técnico de Wely Flor, el Ing. Angel Guala.

#### 4.4 ANALISIS TECNICO-ECONOMICO Y RESULTADOS DE LA INSTALACION.

##### 4.4.1 COSTO DEL SISTEMA DE AUTOGENERACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA PARA LA FLORICOLA WELY FLOR.

Para el diseño y la instalación del sistema de autogeneración de la Florícola Wely Flor, se optimizó al máximo los materiales existentes y las capacidades de los equipos a instalarse, con el fin de reducir al mínimo posible la inversión inicial, caso contrario no se hubiera ganado la licitación.

Como se mencionó anteriormente, para hacer más atractiva nuestra propuesta, se sugirió que sea la misma Plantación Wely Flor quien adquiriera a su nombre todos los materiales necesarios para realzar la instalación. Los diseñadores se limitarían a prestar la dirección técnica y calibración de los equipos durante la etapa de montaje y tiempo de pruebas.

En el *Anexo No. 4.1.* se muestra el Listado Total de Materiales y Servicios que se debían adquirir y contratar para realizar la obra. Es necesario anotar que algunos de los equipos, por ejemplo tres seccionadores adicionales, se reutilizarían luego de realizadas las reubicaciones sugeridas en el estudio preliminar. Asimismo sucede con algunos materiales menudos que se reutilizaron y que fueron sacados de las bodegas de Wely Flor donde permanecían almacenados.

El total de la Inversión necesaria para hacer realidad el proyecto, tal y como consta del *Anexo No. 4.1* es de 88.838 dólares de los Estados Unidos de América.

El tiempo que tomó la construcción de la subestación, tablero principal de distribución, canalizaciones, armado, la puesta en marcha y las pruebas realizadas fue de seis semanas.

#### 4.4.2 ENERGIA GENERADA Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El resultado que se obtiene al relacionar Energía Generada y Consumo de Combustible es el Rendimiento del Sistema de Generación. Este rendimiento puede ser calculado en función de la carga del generador en un determinado intervalo de tiempo. De esta forma se puede inclusive graficar una curva de rendimiento del generador en función de la carga aplicada, para determinar el punto de máximo rendimiento del sistema de generación que es el punto de trabajo en el cual generalmente se ubican todos los generadores térmicos para optimizar sus ingresos.

En el presente caso, debido a que la carga varía en función del tiempo con dependencia directa de los procesos productivos en su orden, duración y temporada (alta o baja), para poder establecer el rendimiento del sistema se tomaron registros globales en un intervalo de tiempo, de esta manera se consigue datos promedio en cuanto al rendimiento del generador.

Por un lado, para realizar el conteo los kwh generados, se instaló el mismo data logger usado en los estudios a Denmar S.A. (el ABB A1RLQ+) durante los 10 días que dura encendido permanentemente el generador antes de los obligados cambios de aceite.

Durante este mismo tiempo y con la ayuda de la vara de medición se tomó el dato de consumo de combustible, teniendo como inconveniente el amplio rango de error que pudiera introducir este procedimiento. Según se pudo observar en la misma vara estandarizada la medición tiene un rango de error del 2% es decir en 5000 galones se podía incurrir en un error de hasta 100 galones y por otro lado la baja precisión de la medición, que estaba en el orden de 50 galones como división mínima.

Todos estos datos han sido tomados en cuenta en el Cálculo de Rendimiento del Sistema de Autogeneración de Wely Flor que se muestra en la *Figura 4.7*, donde se puede apreciar que el rendimiento promedio del sistema de generación es de 14,3 kwh/galón de diesel.

<b>Datos Leídos:</b>		
Kilovatios hora generados	30.472,00	Error de medición 0.2 %
Galones de diesel consumidos	2.130,00	Error de medición 2.34 %
<b>Datos Calculados:</b>		
Consumo eléctrico mensual promedio: :(Consumo de medido x 3)	91.416,00	kwh
Consumo diesel mensual promedio: :(Consumo de medido x 3)	6.390,00	galones
Consumo diesel horario promedio: :(2130 galones / 240 horas)	8,88	galones / hora
<b>Rendimiento promedio del generador:</b> <b>:(91416 kwh / 6390 galones)</b>	<b>14,31</b>	<b>kwh / galón</b>

*Figura 4.7. Cálculo del rendimiento promedio de generación basado en un registro de medición de 10 días.*

El consumo registrado por el medidor en el intervalo de 10 días es de 30472 kwh, y el consumo de combustible de 2130 galones de diesel, con un promedio de consumo de 8.87 galones por hora para un intervalo de 240 horas o diez días.

La carga máxima registrada durante el intervalo de medición fue de 153 kw, pico medido a las 10:45 de la mañana, y provocado por el ingreso al sistema de una nueva bomba de 25 hp instalada en el mes de Octubre de 2002 y cuya operación es de máximo dos veces por semana cuando se haya llenado el recién construido reservorio que recoge el agua residual del sistema de cultivo hidropónico de los bloques 3 y 4.

En la *Figura 4.8* se grafica la curva del día en el cual se registró este pico de demanda, pudiendo apreciar que con respecto a la Curva de Carga Esperada que consta en la *Figura 4.4*, casi no presenta variaciones significativas.

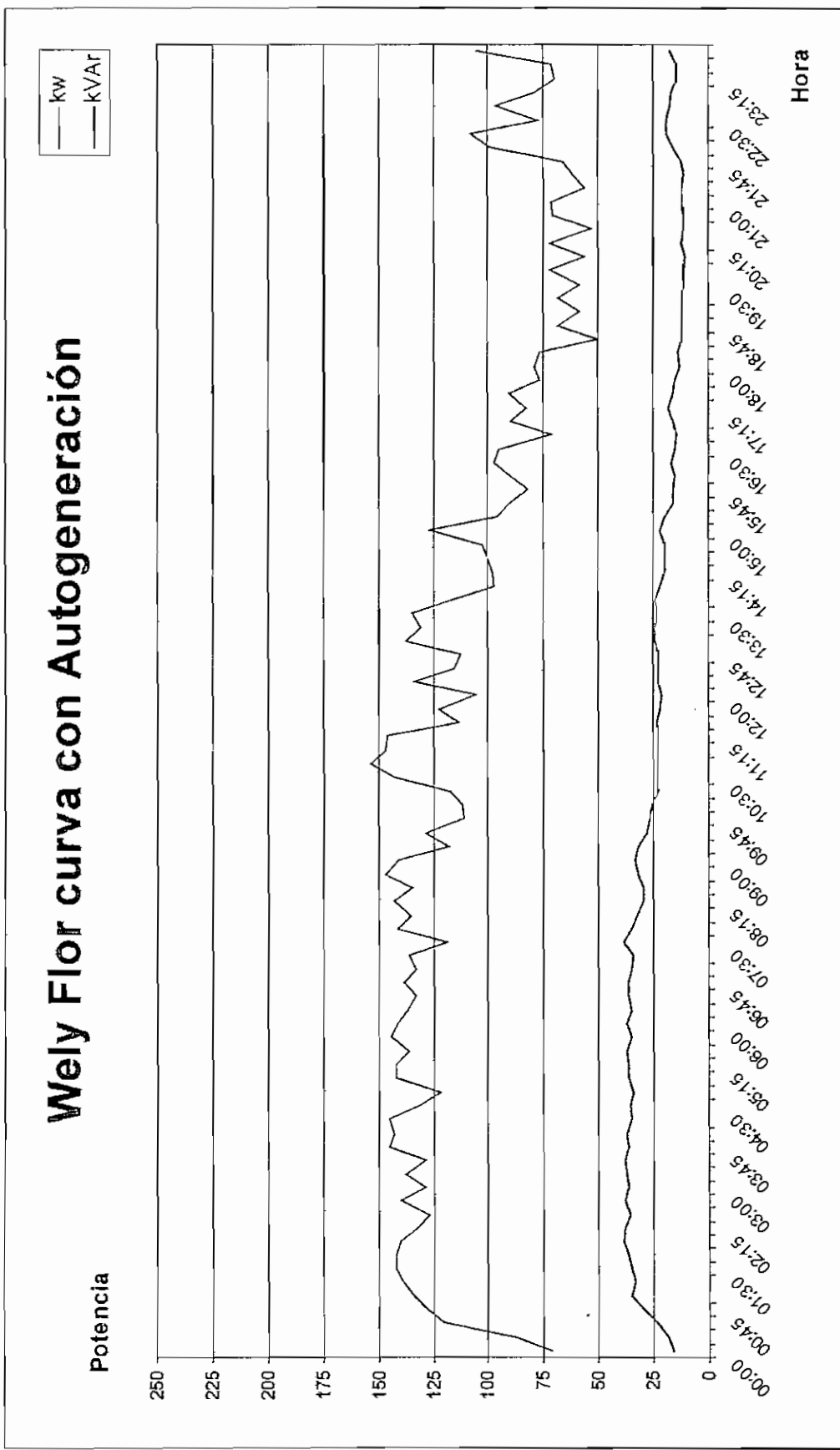


Figura 4.8. Curva de Carga Real registrada con en condiciones de Autogeneración Eléctrica

# DIAGRAMA UNIFILAR ALIMENTACIÓN DESDE LOS GENERADORES

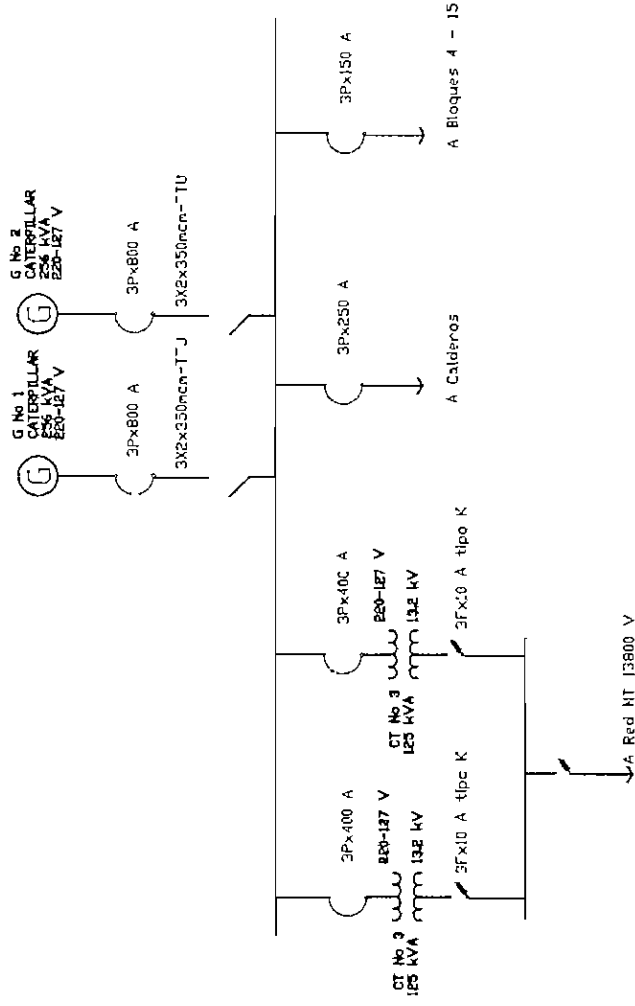


FIG. 4.6

<b>E.P.N.</b>		<b>12</b> Optimización de Carga y Recursos Eléctricos	Proyecto <b>DIAGRAMA UNIFILAR FLUORICOLA VELIFLOR</b>	EPM/2003 P.004	EPM/2003 P.004
AL FONDO EDUCACIONAL EPM/2003	EPM/2003 P.004	Optimización de Carga y Recursos Eléctricos Granjas Florícolas del Cantón Cayambe		EPM/2003 P.004	EPM/2003 P.004

#### 4.4.3 RELACION BENEFICIO – COSTO DEL SISTEMA DE AUTOGENERACIÓN ELÉCTRICA DE LA FLORICOLA WELY FLOR.

##### 4.4.3.1 ANALISIS DE BENEFICIOS QUE OFRECE EL SISTEMA DE AUTOGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La confiabilidad del sistema de distribución en Emelnorte es desconocida, más aún en las redes rurales que sirven a las florícolas. Como se puede comprobar en los registros de horas de trabajo de los generadores de emergencia, en el peor de los casos se ha llegado a contabilizar 136 horas mensuales de suspensión para la finca Wely Flor en el año 2001.

En caso de desconexión del suministro normal de energía eléctrica, el riesgo de perder las flores almacenadas en los cuartos fríos es alto, se ha comprobado que en una hora de desconexión, la temperatura sube de 2 a 8 grados centígrados para un cuarto frío de 150 metros cúbicos. Este riesgo aumenta cuando existe mayor cantidad de flor fresca almacenada en el cuarto frío.

La cantidad de flor que diariamente se corta y almacena en cuartos fríos, dependiendo de su cantidad, variedad y comprador, puede valer en el mercado internacional desde 15.000 a 47.000 dólares americanos. Si en caso se perdiera el producto por falla de la red de distribución de Emelnorte, el perjuicio causado es considerable.

Además, las pérdidas no se reflejan únicamente en el producto final almacenado en cuartos fríos. La temperatura y humedad de los bloques o invernaderos sirve al técnico floricultor para controlar el tiempo de apertura de los botones de la flor, esto se realiza mediante el sistema de riego que también funciona con energía eléctrica; consecuentemente es otro de los factores a tomarse en cuenta para prevenir las posibles pérdidas ocasionadas por la interrupción del fluido eléctrico normal.

La parada de los procesos de producción afectan al trabajo realizado por todo el personal de la finca, especialmente al área de Postcosecha, donde se eléctrica y manualmente se corta, clasifica, transporta, emboncha y empaca toda la flor que llega de cultivo. Al faltar la energía eléctrica de la red normal, todo el proceso se detiene junto con su gente. De la misma manera sucede con el personal administrativo, donde sus computadores se quedan sin energía.

Con estos antecedentes, para poder calcular el beneficio económico de la confiabilidad que brinda el sistema de autogeneración de energía eléctrica a la Finca Wely Flor, se lo considerará en dos aspectos:

**Primero:** se tomará en cuenta los datos recogidos del Departamento Técnico de Wely Flor, donde se estima que en el 2001, sumando todas las pérdidas parciales causadas por la falta de energía eléctrica en cuartos fríos y bloques, por lo menos cuatro embarques diarios se perdieron debido a deterioro de la flor en los bloques y cuartos fríos. Estos riesgos, siempre previstos han sido superados con la contratación de un seguro para todas las flores e instalaciones. Si consideramos que un embarque cuesta alrededor de 45.000 dólares americanos, hablamos de una pérdida de al menos 180.000 dólares, que cubierta al 90% por el seguro, cuesta a Wely Flor anualmente por concepto de deducible, un aproximado de 18.000 dólares americanos, valor a tomarse en cuenta en el cálculo de beneficios.

**Segundo:** Si se toma en cuenta el tiempo que dejan de trabajar los obreros de postcosecha y administración por culpa de la falta de energía eléctrica de la red normal, y que este tiempo es pagado por el industrial pues no es culpa directa del empleado el no poder cumplir con su trabajo habitual, asumiendo que el salario de un empleado de postcosecha es de 170 dólares mensuales, con 200 horas mensuales de labor, la hora de trabajo cuesta 0.85 dólares. Basados en la información verbalmente proporcionada por el Departamento Administrativo, el promedio anual de empleados que laboran en postcosecha es de 120. Con estos datos, tomando únicamente 25 horas mensuales de suspensión, las 300 horas anuales de falta de energía eléctrica



cuesta a Wely Flor 30.600 dólares por concepto de horas pagadas y no trabajadas. Eso sin tomar en cuenta a las 6 personas que trabajan en administración y cuyos sueldos deben ser mucho mayores. Estos 30.600 dólares se tomarán en cuenta para el cálculo del beneficio.

**Tercero:** Siendo Asociación Agroinversiones I y II una Compañía Ltda. está sujeta al pago del 25% del impuesto a la renta sobre sus utilidades anuales declaradas. Por concepto de depreciación de equipos, Wely Flor puede deducirse de sus ingresos el valor de la depreciación de los equipos de generación y todas las instalaciones del sistema de autogeneración de energía eléctrica. Asumiendo que el equipo se deprecia en 10 años, cada año Wely Flor se ahorra de pagar al fisco el 25% de esos 8800 dólares (valor enviado al gasto por depreciación), es decir el beneficio adicional por reducción en el pago del Impuesto a la Renta es de 2210 dólares anuales. Estos 2210 dólares se tomarán en cuenta en el cálculo del beneficio.

**Cuarto:** Mientras se tenía el contrato con la Empresa Eléctrica Regional Norte, se pagaba cartas mensuales por un valor promedio de 10.000 dólares mensuales, actualmente no se paga valor alguno a Emelnorte, es decir se ahorran 120.000 dólares anuales. (Nota: Obviamente ahora se compra combustible, aditivos, filtros y aceite pero eso se tomará en cuenta en el cálculo del costo del sistema). Estos 120.000 dólares anuales se tomarán en cuenta en el cálculo del beneficio.

**Quito:** Otro beneficio es el valor de oportunidad del dinero ahorrado con el sistema de autogeneración eléctrica a partir de la recuperación de la inversión. Esto significa que el dinero que antes se pagaba a EMELNORTE, ahora se lo puede destinar a otro negocio, probablemente sirva para reinversión en las mismas flores, pero al no poder conseguir los valores de riesgo de inversión o rentabilidad del negocio, muy conservadoramente se establece que el beneficio económico es fruto de un depósito a plazo fijo al 5% de interés anual, a partir del tercer año (con el dinero ahorrado el segundo año).

#### 4.4.3.2 ANALISIS DE COSTOS QUE IMPLICA EL SISTEMA DE AUTOGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

**Primero:** El costo de inversión de todos los materiales y equipos, calculados en el *Anexo No. 4.1* es 88.838 dólares americanos. Esta cantidad se tomará en cuenta en el cálculo del costo.

**Segundo:** Del cálculo realizado para determinar el rendimiento promedio del generador, basado en datos y experiencias reales, se concluye que el consumo promedio por hora de trabajo del generador es de 8,87 galones de diesel. Con este promedio, se estima que mensualmente se consumen aproximadamente 6.390 galones de combustible, a un precio actual de 0.92 centavos de dólar por galón, el costo de combustible anual es de 70.545 dólares americanos. Esta cantidad se tomará en cuenta en el cálculo del costo.

**Tercero:** El cambio de aceite y filtro realizado cada diez días para uno u otro de los generadores, necesita de 8 galones de aceite y 1 filtro de aceite. El costo de cada galón de aceite es de 12 dólares y el filtro cuesta 65 dólares. Anualmente se gastan 5.876 dólares en estos materiales, valor que se incluye en el cálculo del costo.

**Cuarto:** La persona encargada de los cambios de aceite y limpieza del generador es el mismo Jefe Mecánico de la Plantación, cuyo sueldo es de 250 dólares mensuales. El tiempo que dedica mensualmente a estas labores es de 48 horas, repartidas en dos días de trabajo, tres veces al mes. Realizando el cálculo respectivo el costo anual en personal de mantenimiento para el sistema de generación es de 720 dólares a incluirse en el cálculo del costo.

**Quinto:** El equipo tiene una vida útil de 15 años, pero cada 14.000 horas de trabajo se debe realizar una reparación mayor, que requiere rectificación y piezas de recambio. Al ritmo de trabajo actual, cada generador deberá asistir a esta reparación cada tres años. El costo de esta reparación según técnicos de Caterpillar asciende al 25% del costo de compra del equipo. Esto significa que

cada tres años se deberá gastar en reparación mayor la cantidad de 17.500 dólares en los dos grupos. Estos 17.500 dólares se toman en cuenta en el cálculo del costo.

**Sexto:** Como es verdad (y en la relación Beneficio/Costo se comprueba) que el sistema de autogeneración de energía eléctrica de Wely Flor es financieramente muy conveniente, también debe tomarse en cuenta que del ahorro total logrado, el 25% se debe declarar al fisco como impuesto a la renta, es decir, del total del ahorro conseguido cada año por el sistema y como contablemente implica mayor utilidad a la empresa, de esta utilidad el 25% es para el estado. Este valor se calcula y toma en cuenta para el gasto.

Cálculo de Beneficios:			
Ahorro del 10% deducible; cumplimiento del Seguro por pérdida de lote diario de rosas (sin energía bloques y cuartos fríos).	18.000,00	usd/año	Conservadoramente se estima 4 x año
Ahorro en horas pagadas y no trabajadas por falta de energía eléctrica (en postcosecha 120 empleados, 170 usd/mes/empl, 300 horas/año de suspensión)	30.600,00	usd/año	Conservadoramente se estiman 300 horas/año de falta de red normal.
Reducción en el pago de impuesto a la renta, al enviar al gasto la depreciación del generador (25% del valor actual de deprec.)	2.210,00	usd/año	Valor total de inversión depreciado a diez años
Valor de oportunidad del dinero ahorrado, en el peor caso se supone que se invierte a plazo fijo el total ahorrado al año válido desde el segundo año	Ver Flujo de Caja por años	usd/año	Al 5% de interés anual
Ahorro total en Facturación de Emelnorte, por terminación del contrato de compraventa de energía eléctrica.	120.000,00	usd/año	A un promedio de 10.000 usd / mes
Cálculo de Costos:			
Inversión inicial en el Sistema de Autogeneración Eléctrica	88.838,00	usd	Tomando en cuenta todas las instalaciones
Compra de Combustible	70.545,00	usd/año	Asumiendo un precio de 0,92 usd / galón de diesel
Compra de Aceites y Filtros	5.876,00	usd/año	Asumiendo que no varían de precio durante el año
Mano de obra de mantenimiento y limpieza	720,00	usd/año	No se trata de una persona exclusivamente contratada para el efecto
Reparación mayor de la máquina diesel	17.500,00	usd / 3 años	Por los dos generadores cada 14.000 horas de trabajo de forma individual
Incremento en el pago del impuesto a la renta por el ahorro conseguido al autogenerar energía eléctrica.	Ver en flujo de caja por años	usd/año	A partir del segundo año y dependiendo del ahorro anual
Cálculo de la Relación Beneficio / Costo en el Primer año de Operación del Sistema			
Beneficios Totales en el Primer Año:	170.810,00		La inversión total se paga antes de cumplir un año de operación del sistema
Costos Totales en el Primer Año:	165.979,00		
Relación Beneficio / Costo:	1,0291		

*Figura 4.9. Beneficios, Costos y cálculo de la Relación Beneficio – Costo para el primer año de operación del Sistema de Autogeneración de Wely Flor.*

#### 4.4.3.3 Cálculo de la Relación Beneficio / Costo, TIR y VAN.

Según el fabricante, los grupos generadores Caterpillar tienen una vida útil de 15 años. Por otro lado, contablemente se ha decidido que la instalación se depreciará en 10 años. Para realizar los cálculos de relación beneficio / costo, el TIR y VAN, se toman los 10 años que contablemente deprecian totalmente al equipo.

Se debe tomar en cuenta que, siendo los valores de costo de combustible y costo del kilovatio – hora variables y dependientes de la política económica del gobierno de turno, los cálculos realizados pueden tener un margen de error, que aunque existente no sería problemático, pues la elevación del precio de los combustibles implica el alza de todos los demás valores, tanto al beneficio como al costo.

Para el primer año de uso, se establece la relación beneficio / costo cuyo valor es de 1.0291, tal como consta en la *Figura 4.9*, lo que significa que el total de la inversión inicial más los costos que implica el primer año de funcionamiento del sistema se cubre con los beneficios obtenidos en el mismo primer año, convirtiendo la inversión una decisión muy acertada.

Para los siguientes 9 años, se establecen los flujos de caja anuales registrados en el *Anexo 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3*, donde también consta el valor de la Tasa Interna de Retorno, calculada en 91% y el Valor Actual Neto cuyo valor es 457.044.34 usd.

La Tasa Interna de Retorno, indicador que muestra la rentabilidad de la inversión, la califica como excelente, haciendo de este un muy buen negocio para Wely Flor. El tiempo de recuperación del capital es de 11 meses y veinte días.

El Valor Actual Neto indica que si hoy se invierte 88.838 dólares americanos, a este mismo tiempo la rentabilidad calculada para 10 años y

reflejada mediante una tasa de descuento, los convertiría en 457.044,34 usd. La tasa de descuento asumida es el 5%, interés referencial bancario.

# CAPÍTULO

5

## 5.1 CONCLUSIONES

- Como se demuestra en el Capítulo 2 y 3, Figuras 2.19 y 3.19, aunque a simple vista todo el sistema eléctrico funcione normalmente, esto no significa que se esté usando de forma óptima éste recurso, tal es el caso de las pérdidas en conductores y equipos, producidos por un mal diseño de la red de alimentación. De la misma manera, aunque invisible para los operadores u obreros, la coincidencia, a veces innecesaria de los procesos de producción, crea picos de demanda que mensualmente son cobrados en la planilla de consumo.
  
- En el desarrollo de los capítulos 2 y 3, figuras 2.24 y 3.24, se demuestra que la inversión realizada por una industria al contratar un estudio eléctrico para sus instalaciones, tiene un tiempo de recuperación muy corto, que depende específicamente del grado de eficiencia que tenga la explotación eléctrica de cada sistema en particular. En el caso específico de Denmar y Marledíán, el costo del estudio eléctrico contratado se cubriría en dos meses luego de aplicar las recomendaciones y modificaciones. En total la inversión se recupera en meros de un año.
  
- Como lo demuestra el capítulo 4, el precio final del kilovatio-hora, incluyendo impuestos y demanda para un consumidor de tipo industrial es muy elevado en la Empresa Eléctrica Regional Norte. Este síntoma es común en otras empresas eléctricas de distribución en el Ecuador, lo que convierte a la opción de autogeneración en una alternativa muy conveniente.



- Tal y como se calcula en el capítulo 4, sección 4.3.3.1, el perjuicio que causan los apagones, es muy considerable pero difícil de cuantificar con exactitud. Esto se demuestra también en el cálculo de beneficios y costos obtenidos con la instalación del sistema de autogeneración eléctrica.
  
- La autogeneración de energía eléctrica, tal y como lo demuestra la relación beneficio – costo calculada en el capítulo 4, figura 4.9, es bastante beneficiosa y redundante en muchos otros aspectos: **Primero:** el costo de generar un kilovatio-hora baja considerablemente, pues además no se paga impuestos, ni demanda. **Segundo:** La confiabilidad del sistema aumenta, favoreciendo al industrial pues no se interrumpe los procesos de producción por efecto de las suspensiones del servicio eléctrico, voluntarias o no en la red de Emelnorte. **Tercero:** Favorece notablemente a la utilidad final del empresario y le permite usar el dinero del ahorro re- invirtiendo o en otro tipo de negocio.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Mejorar el rendimiento de los sistemas y los procesos de producción, así como la utilización de los recursos energéticos es muy recomendable y debe ser la meta en toda industria ecuatoriana que pretenda crecer y volverse más competitiva.
- El departamento de mantenimiento debe estar siempre enterado de la facturación eléctrica mensual, con el objetivo de realizar un seguimiento del consumo y la demanda, consecuentemente se recomienda instruir al personal sobre la importancia de la facturación eléctrica mensual y qué representa cada uno de sus rubros, para que mensualmente verifique los valores pagados a fin de evitar pérdidas y contratiempos.
- Una de las causas del desordenado crecimiento de las instalaciones en algunas industrias es la falta de comunicación entre el diseñador y el usuario, no existe planificación a futuro, por lo que se recomienda diseñar los sistemas pensando en futuras ampliaciones de la red y no solamente en solucionar el requerimiento actual del cliente.
- La máquina motriz recomendada para impulsar el sistema de Autogeneración Eléctrica es del tipo Turbo Diesel, la cual poco se ve afectada por la altura de instalación, a diferencia del motor atmosférico (sin turbo), utilizada particularmente en grupos antiguos.
- Es recomendable realizar un estudio del impacto ambiental, causado por la polución que despiden el escape de cada grupo generador.
- Se recomienda desarrollar e integrar la técnica de las instalaciones en baja tensión, actualmente en nuestro país la mayoría de las instalaciones eléctricas de baja tensión son realizadas por técnicos poco calificados o por empíricos que usando la intuición hacen funcionar los equipos pero sin

tomar en cuenta aspectos técnicos, lo que puede generar problemas a futuro.

- Por la alta rentabilidad del Sistema de Autogeneración de Energía Eléctrica, tal y como se demuestra en el capítulo 4, sección 4.3.3.3, se recomienda su instalación para consumidores cuya demanda supere los 120 kw y su consumo sea de al menos 45.000 kwh-mes, siempre y cuando previamente se efectúe la auditoria eléctrica a sus instalaciones por profesionales calificados.

## BIBLIOGRAFIA

- REPUBLICA DEL ECUADOR, "Ley de Régimen del Sector Eléctrico" 1996
- WESTINGHOUSE, Distribución y Transmisión Eléctrica, 1970
- CLARK William, Análisis y Gestión Energética de Edificios, McGraw Hill, 1998
- LOBOSCO Orlando, DIAS José, Selección y Aplicación de Motores Eléctricos, Marcombo Siemens, 1989

# ANEXOS

Anexo No. 2.1

Cálculo de Pérdidas en Redes Aéreas Primarias

Transformador (kVA)	Ubicación	Proceso	Hora	P (kW)	FP	I (A)	Longitud (m)	Cable (AVG)	r(ohm/m)	R(ohm)	Pérdidas (W)	Pérdidas (kWh-años)	
112,5	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	2,45	0,98	0,20	110	2	0,001025	0,1128	0,01	0,0012	
75	Bloque 3	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	13,2	0,98	1,07	110	2	0,001025	0,1128	0,39	0,0348	
112,5-75	P7	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	15,65	0,98	1,27	55	2	0,001025	0,0564	0,27	0,0489	
112,5	Postcosecha	Sublimación - fumigación	03:00-06:00 am	7,39	0,85	0,69	110	2	0,001025	0,1128	0,16	0,0145	
112,5-75	P7	Sublimación - fumigación	03:00-06:00 am	20,59	0,9	1,82	55	2	0,001025	0,0564	0,56	0,0502	
112,5	Postcosecha	Fumigación	06:00-07:00 am	4,94	0,45	0,87	165	2	0,001025	0,1692	0,39	0,0116	
112,5	Postcosecha	Bomba neumática-Oficinas-Bombeo 1-fumigación-Cuartos fríos	07:00-09:00 am	55	0,75	5,82	165	2	0,001025	0,1692	17,19	4,1267	
112,5	Postcosecha	Bomba neumática-Oficinas-Bombeo 1-Cuartos fríos	00:00-13:00 am	50,6	0,8	5,02	165	2	0,001025	0,1692	12,79	2,3024	
112,5	Postcosecha	Bomba neumática-Oficinas-Cuartos fríos	13:00-15:00	13,9	0,85	1,30	165	2	0,001025	0,1692	0,86	0,1539	
112,5	Postcosecha	Bomba neumática-Cuartos fríos	15:00-24:00	5,4	0,8	0,54	165	2	0,001025	0,1692	0,15	0,0393	
200	Bloque 17	Ventanas-Caldero-sublimación	00:00-06:00	58,22	0,9	5,13	330	2	0,001025	0,3384	26,76	4,8167	
45	Bloque 8-13	Sublimación	00:00-06:00	26,10	0,98	2,11	51	2	0,001025	0,0523	0,70	0,1262	
200-45	P32	Ventanas-Caldero-sublimación	00:00-06:00	84,32	0,92	7,27	51	2	0,001025	0,0523	8,30	1,4943	
2*15	Bloque 9-12	Sublimación	00:00-06:00	14,40	0,98	1,17	51	2	0,001025	0,0523	0,21	0,0384	
200-45-2*15	P29	Ventanas-Caldero-sublimación	00:00-06:00	98,72	0,94	8,34	110	2	0,001025	0,1128	23,51	4,2318	
200	Bloque 17	Ventanas	00:06-07:00	30,00	0,97	2,45	495	2	0,001025	0,5076	9,18	0,2753	
200-112,5	P42	Ventanas-Bombeo Hidroponico Bombeo	00:07-13:00	30,00	0,8	2,98	465	2	0,001025	0,4768	12,67	2,2808	
200-112,5	P42	Ventanas-Bombeo	13:00-16:00	20,00	0,8	1,98	465	2	0,001025	0,4768	5,63	0,3379	
200	P42	Ventanas	16:00-20:00	5,00	0,8	0,50	495	2	0,001025	0,5076	0,37	0,0450	
200	P42	Ventanas	20:00-24:00	30,00	0,95	2,51	495	2	0,001025	0,5076	9,57	1,1479	
Total pérdidas en redes areas a 13,2 kV												44	21,5779

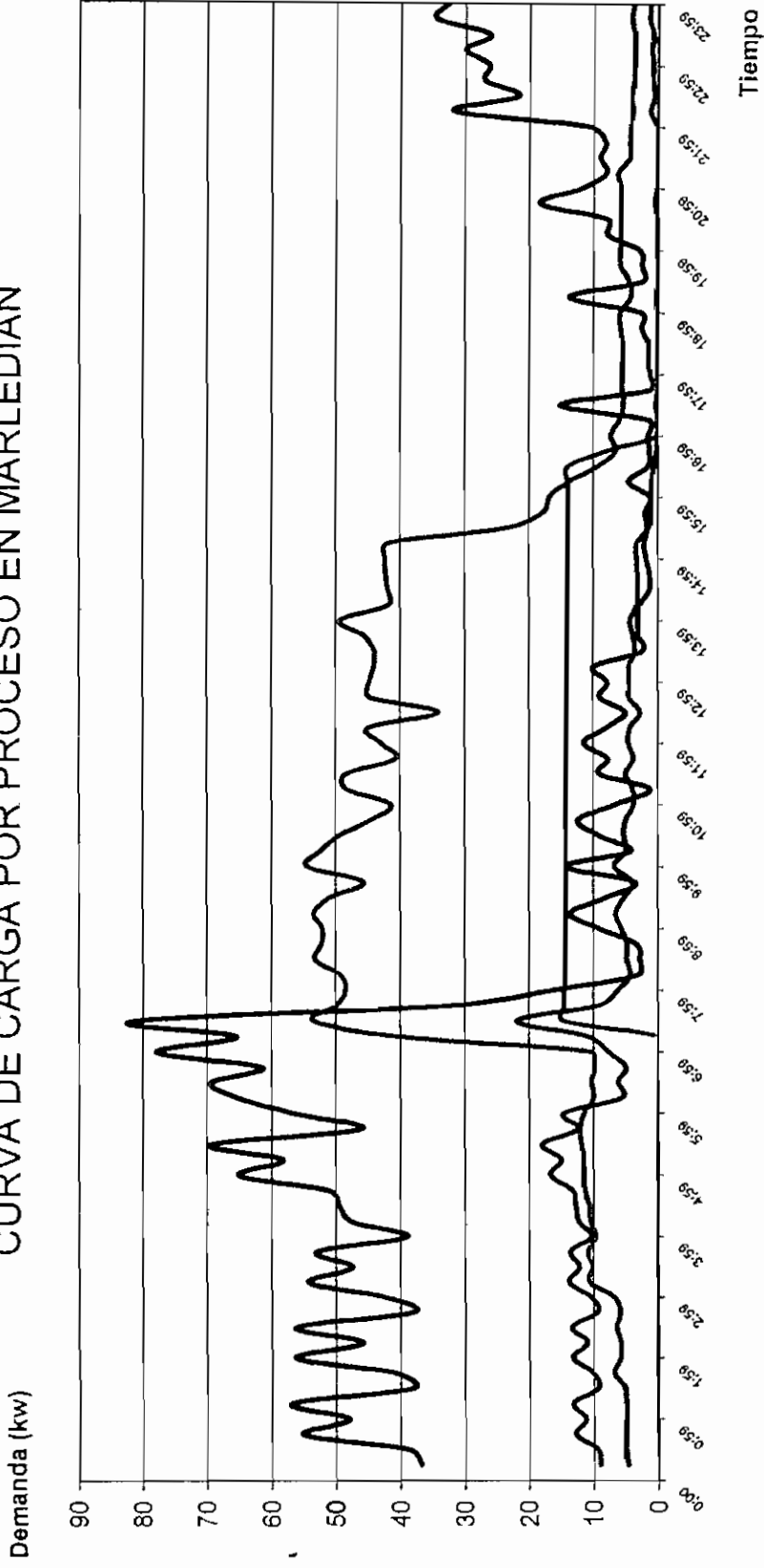
Anexo No. 2.2

Cálculo de Pérdidas en Redes Aéreas Secundarias

Transformador (kVA)	Ubicación	Proceso	Hora	P (kW)	Fp	I (A)	Longitud (m)	Calibre (AWG)	r(ohm/m)	R(ohm)	Pérdidas (W)	Pérdidas (kWh)
112,5	Postcosecha	Fumigación	03:00-07:00	4,94	0,45	52,28	60	1/0	0,000696	0,0418	342,39	41,09
112,5	Postcosecha	Bombeo-1+Fumig.	07:00-09:00	30,52	0,8	181,67	60	1/0	0,000696	0,0418	4135,09	248,11
112,5	Postcosecha	Bombeo-1	09:00-15:00	25,58	0,85	143,31	60	1/0	0,000696	0,0418	2573,11	463,16
112,5	Potcosecha	Cuartos frios-bomba neumática-oficinas	07:00-03:00	9,3	0,75	59,05	30	1/0	0,000696	0,0209	218,43	26,21
112,5	Potcosecha	Bomba neumática-oficinas	07:00-03:00	4,9	0,75	31,11	80	2	0,0010	0,0820	238,22	11,43
112,5	Potcosecha	Bomba neumática	00:00-24:00	2,9	0,8	17,26	50	2	0,0010	0,0513	45,83	0,69
112,5	Potcosecha	Cuartos frios	00:00-24:00	4,4	0,75	27,94	30	1/0	0,000696	0,0209	48,89	14,08
112,5	Reservorio	Bomba riego	00:00-24:00	14,3	0,86	79,18	60	1/0	0,0010	0,0615	1157,28	333,30
200	Bloque 17	Calderos	00:00-06:00	40	0,85	224,09	150	3/0	0,00045	0,0674	10154,03	1827,72
200	Bloque 17	Bombeo hidropónico + Bomba agua Limpia	07:00-13:00	46,35	0,91	242,54	150	3/0	0,00045	0,0674	11895,23	2141,14
200	Bloque 17	Ventanas	00:00-24:00	16,53	0,99	79,49	50	3/0	0,00045	0,0225	425,93	51,11
200	Bloque 17	Ventanas	00:00-24:00	33,05	0,99	158,99	50	3/0	0,00045	0,0225	1703,71	102,22
200	Bloque 17	Ventanas	00:00-24:00	16,53	0,99	79,49	100	3/0	0,00045	0,0449	851,85	102,22
<b>Total pérdidas en redes areas a 220 V</b>											<b>11489</b>	<b>5362,49</b>

Anexo No. 2.3

CURVA DE CARGA POR PROCESO EN MARLEDIAN



- TRAF0 200 kVA Calderos, Bloques 15 -18, Bombeo Hidropónico
- TRAF0 112,5 kVA Oficinas, Prefrio, Bombas de Riego
- TRAF0 112,5 kVA Bombeo Reservorio
- Pérdidas Total en Redes y Transformadores.



Anexo No. 3.1

Cálculo de Pérdidas en Redes Aéreas Primarias

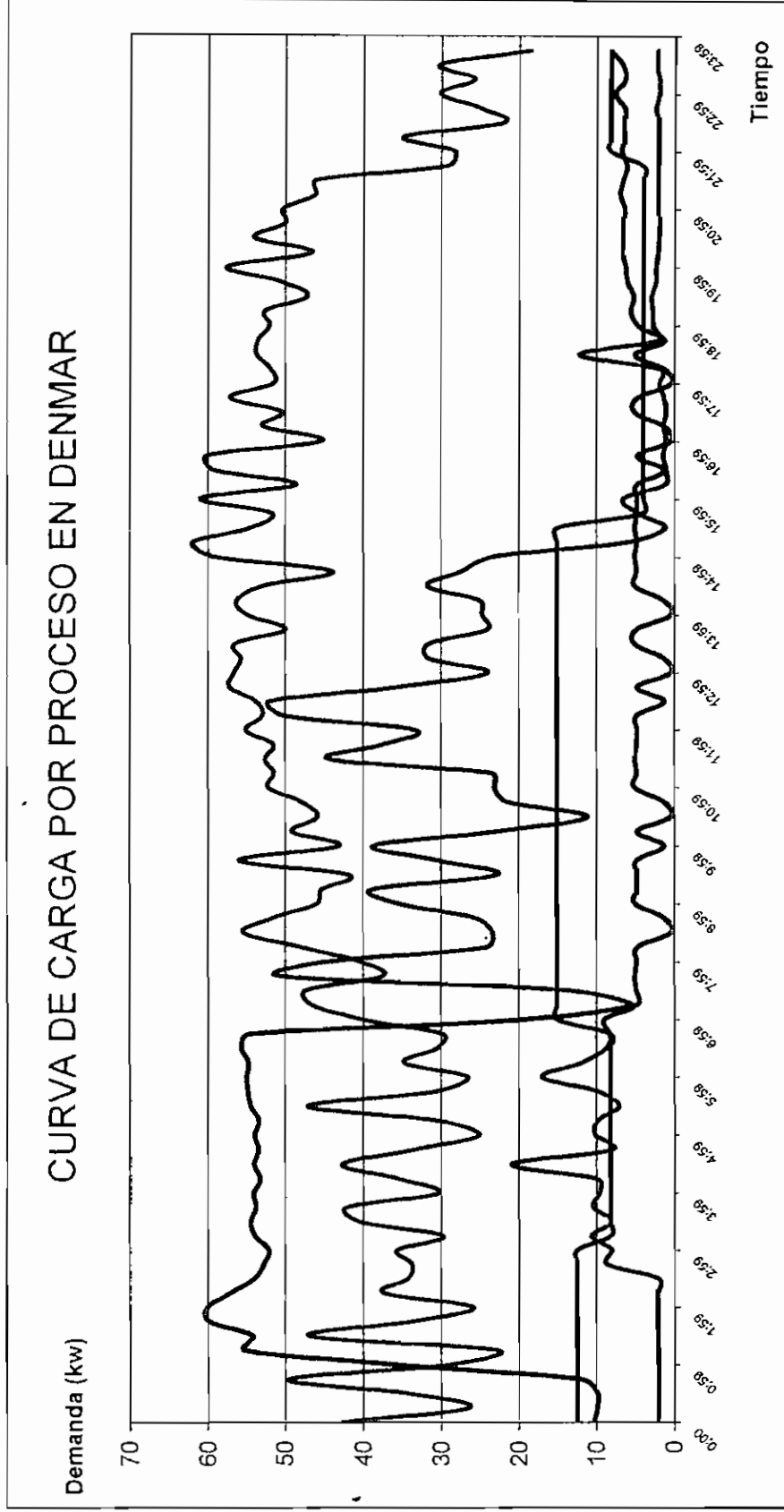
Transformador (kVA)	Ubicación	Proceso	Hora	Horas de uso	No de Cables	P (w)	FP	I (A)	Longitud (m)	Calibre (AWG)	r(ohm/m)	R(ohm)	Pérdidas (W)	Pérdidas (kWh)
112,5	Calderos	Calefacción	12:00-06:00 a.m.	6	3	64,02	0,88	3,33	267	2	0,001025	0,2738	9,13	1,64309
100 - 75	Bloques	Bombeo	7:30am-15:30 p.m.	8	3	78,00	0,86	4,16	319	2	0,001025	0,3271	16,95	4,0682
37,5	Bloques	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	3	1	15,20	0,98	1,23	507	2	0,001025	0,5199	0,79	0,0709
37,5	Bloques	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	3	1	24,50	0,98	1,98	389	2	0,001025	0,3989	1,57	0,1413
37,5	Bloques	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	3	1	13,77	0,98	1,12	256	2	0,001025	0,2625	0,33	0,0294
125	Postcosecha	Refrigeración	06:00am-09:00 pm	15	3	46,00	0,71	2,97	267	2	0,001025	0,2738	7,24	3,2579
125	Postcosecha	Bombeo	7:30am-15:30 p.m.	8	3	57,00	0,88	2,97	267	2	0,001025	0,2738	7,24	1,74
30	Bloques	Bombeo	7:30am-15:30 p.m.	8	3	18,40	0,9	0,94	114	2	0,001025	0,1169	0,31	0,07
<b>Total pérdidas en redes areas a 13,2 kV</b>													<b>43,55</b>	<b>11,02</b>

Anexo No. 3.2

Cálculo de Pérdidas en Redes Aéreas Secundarias

Transformador (kVA)	Ubicación	Proceso	Hora	Horas de uso	No de Cables	P (w)	FP	I (A)	Longitud (m)	Calibre (AWG)	r(ohm/m)	R(ohm)	Pérdidas (W)	Pérdidas (kWh)
112,5	Calderos	Calfacción	12:00-06:00 a.m.	6	3	64,02	0,88	190,92	40	1/0	0,000696	0,0278	3044,87	548,08
100	Bloques	Bombeo	7:30am-15:30 p.m.	8	3	15,20	0,91	43,84	180	2	0,001025	0,1846	1064,11	255,39
75	Bloques	Bombeo	7:30am-15:30 p.m.	8	3	55,00	0,85	81,22	60	2	0,001025	0,0615	1217,52	292,21
125	Bloques	Bombeo	7:30am-15:30 p.m.	8	3	60,40	0,88	180,13	88	1/0	0,000696	0,0612	5961,84	1430,84
125	Bloques	Refrigeración	01:00am-12:00 pm	24	3	46,00	0,9	134,14	45	1/0	0,000696	0,0313	1690,57	1217,21
30	Postcosecha	Bombeo	7:30am-15:30 p.m.	8	6	18,40	0,91	30,64	65	4	0,002107	0,1370	771,34	185,12
25	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	3	2	12,50	0,99	52,61	92	2	0,001025	0,0943	522,24	47,00
37,5	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	3	2	24,44	0,99	102,86	67	2	0,001025	0,0687	1453,81	130,84
37,5	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	3	2	13,77	0,99	57,95	110	2	0,001025	0,1128	757,75	68,20
37,5	Postcosecha	Sublimación	12:00-03:00 a.m.	3	2	15,20	0,99	63,98	108	2	0,001025	0,1108	906,76	81,61
<b>Total pérdidas en redes areas a 220 V</b>													<b>17.390,80</b>	<b>4.256,49</b>

Anexo No. 3.3



- TRANSF.112,5 kVA Calderos, Bloques 12 -18,
- TRANSF.100 kVA Bombeo de Riego y Fumigación
- TRANSF.125 kVA Cuartos Fríos y Oficinas
- Pérdidas Total en Redes y Transformadores,

## ANEXO No. 4.1

## LISTADO DE MATERIALES Y SERVICIOS ADQUIRIDOS PARA SISTEMA DE AUTOGENERACION ELECTRICA EN WELY FLOR, Diciembre de 2001

No.	Item	Artículo o Servicio	P.Unit	Subtotal
		<b>Generación</b>		
2	unidad	Generador Tipo Prime 225 kVA, 220V, 60Hz	32.587,00	65.174,00
		<b>Baja Tensión</b>		
1	unidad	Tablero con Barras de 1250 A, según diseño	1.364,00	1.364,00
2	unidad	Interruptor Automático 800 A, 25 kA ruptura	1.182,00	2.364,00
2	unidad	Interruptor Automático 350 A, 25 kA ruptura	634,00	1.268,00
1	unidad	Interruptor Automático 250 A, 25 kA ruptura	148,00	148,00
2	unidad	Juegos de Conectores MG Triples, 350 mcm	78,50	157,00
250	metros	Conductor TTU calibre 250 mcm	6,25	1.562,50
400	metros	Conductor TTU calibre 2/0 AWG	3,85	1.540,00
80	metros	Conductor Cobre Desnudo # 2 AWG	1,21	96,80
74	metros	Canaleta Tol Rectangular 250mmx150mm con tapa	7,40	547,60
24	unidad	Conector Talón Simple #2/0 AWG	1,18	28,32
12	unidad	Conector Talón Doble #2/0 AWG	1,53	18,36
		<b>Media Tensión</b>		
2	unidad	Poste de Hormigón de 9m, 350 kg	98,00	196,00
4	unidad	Hierro Angulo L 4"x 4"x1/4"x5 m	57,00	228,00
4	unidad	Hierro L 4"x 4"x1/4"x1.5 m	38,00	152,00
18	unidad	Aislador suspensión ansi 52-1	10,00	180,00
3	unidad	pararrayos 10 kv	50,00	150,00
9	unidad	Seccionadores 15 kv/100A	60,00	540,00
8	unidad	Pemo esparrago de 5/8 x 10" con tuercas	2,50	20,00
7	unidad	Pemo de ojo de 5/8 x10 con tuercas	2,50	17,50
4	unidad	Pemo U de 70 cm con tuercas y arandelas	2,80	11,20
2	unidad	Anclajes de 0.027 m	1,50	3,00
2	unidad	Guardacabos de 1/2 "	0,40	0,80
30	metros	Cable de Acero para Tensor de 3/8 "	0,40	12,00
2	unidad	Aislador de retención ansi 54-2	2,60	5,20
9	unidad	Grapa pistola para retención nacional	4,00	36,00
120	metros	Conductor de Aluminio No 1/0 ACSR	0,93	111,60
15	unidad	Conectores ranura paralela de aluminio NO 2/0-8	0,15	2,25
6	unidad	Tirafusibles de 10 A	3,00	18,00
3	unidad	Tirafusibles de 20 A	3,00	9,00
40	metros	Conductor Cobre Desnudo # 2 AWG	1,21	48,20
1	unidad	Suelda Cadweld en Cruz	3,50	3,50
4	unidad	Suelda Cadweld en Te	3,00	12,00
4	unidad	Suelda Cadweld en L	3,00	12,00
6	unidad	Varillas de coperweld de 1.8 m	6,00	36,00
		<b>Varios</b>		
400	unidad	Amarras plásticas 150 mm	0,01	4,00
400	unidad	Amarras plásticas 100 mm	0,01	3,60
2	unidad	Cinta 3M tipo 23	7,50	15,00
2	unidad	Cinta 3M tipo 33	2,45	4,90
		<b>Servicios</b>		
1		Diseño y Supervisión para la Construcción del sistema de Autogeneración en Wely Flor	2.500,00	2.500,00
1		Construcción de la mini Subestación Elevadora	470,00	470,00
1		Cableado de Generadores y Tableros	250,00	250,00
			SUBTOTAL	79.320,33
			IVA	9.518,44
			TOTAL	<b>88.838,77</b>

## ANEXO No. 4.2.1

### FLUJO DE CAJA DURANTE LA VIDA UTIL DEL SISTEMA

	EGRESOS	INGRESOS	SUBT. EGR.	SUBT. INGR.
<b>PRIMER AÑO</b>				
Inversión Inicial	88.838,00			
Compra de combustible	70.545,00			
Compra de aceites y filtros	5.876,00			
Mano de obra mantenimiento	720,00		165.979,00	
Ahorro 10% deducible del Seguro		18.000,00		
Ahorro horas pagadas no trabajadas		30.600,00		
Ahorro impuesto a la renta (deprecia.)		2.210,00		
Ahorro pago a EMELNORTE		120.000,00		170.810,00
<b>SEGUNDO AÑO</b>				
Compra de combustible	70.545,00			
Compra de aceites y filtros	5.876,00			
Mano de obra mantenimiento	720,00			
Aumento del Impuesto a la renta	23.417,25		100.558,25	
Ahorro 10% deducible del Seguro		18.000,00		
Ahorro horas pagadas no trabajadas		30.600,00		
Ahorro impuesto a la renta (deprecia.)		2.210,00		
Ahorro pago a EMELNORTE		120.000,00		170.810,00
<b>TERCER AÑO</b>				
Compra de combustible	70.545,00			
Compra de aceites y filtros	5.876,00			
Mano de obra mantenimiento	720,00			
Aumento del Impuesto a la renta	24.295,40		101.436,40	
Ahorro 10% deducible del Seguro		18.000,00		
Ahorro horas pagadas no trabajadas		30.600,00		
Ahorro impuesto a la renta (deprecia.)		2.210,00		
Ahorro pago a EMELNORTE		120.000,00		
Valor de oportunidad del ahorro total		3.512,59		174.322,59
<b>CUARTO AÑO</b>				
Compra de combustible	70.545,00			
Compra de aceites y filtros	5.876,00			
Mano de obra mantenimiento	720,00			
Mantenimiento Mayor	17.500,00			
Aumento del Impuesto a la renta	19.953,33		114.594,33	
Ahorro 10% deducible del Seguro		18.000,00		
Ahorro horas pagadas no trabajadas		30.600,00		
Ahorro impuesto a la renta (deprecia.)		2.210,00		
Ahorro pago a EMELNORTE		120.000,00		
Valor de oportunidad del ahorro total		3.644,31		174.454,31
<b>QUINTO AÑO</b>				
Compra de combustible	70.545,00			
Compra de aceites y filtros	5.876,00			
Mano de obra mantenimiento	720,00			
Aumento del Impuesto a la renta	24.165,50		101.306,50	
Ahorro 10% deducible del Seguro		18.000,00		
Ahorro horas pagadas no trabajadas		30.600,00		
Ahorro impuesto a la renta (deprecia.)		2.210,00		
Ahorro pago a EMELNORTE		120.000,00		
Valor de oportunidad del ahorro total		2.993,00		173.803,00

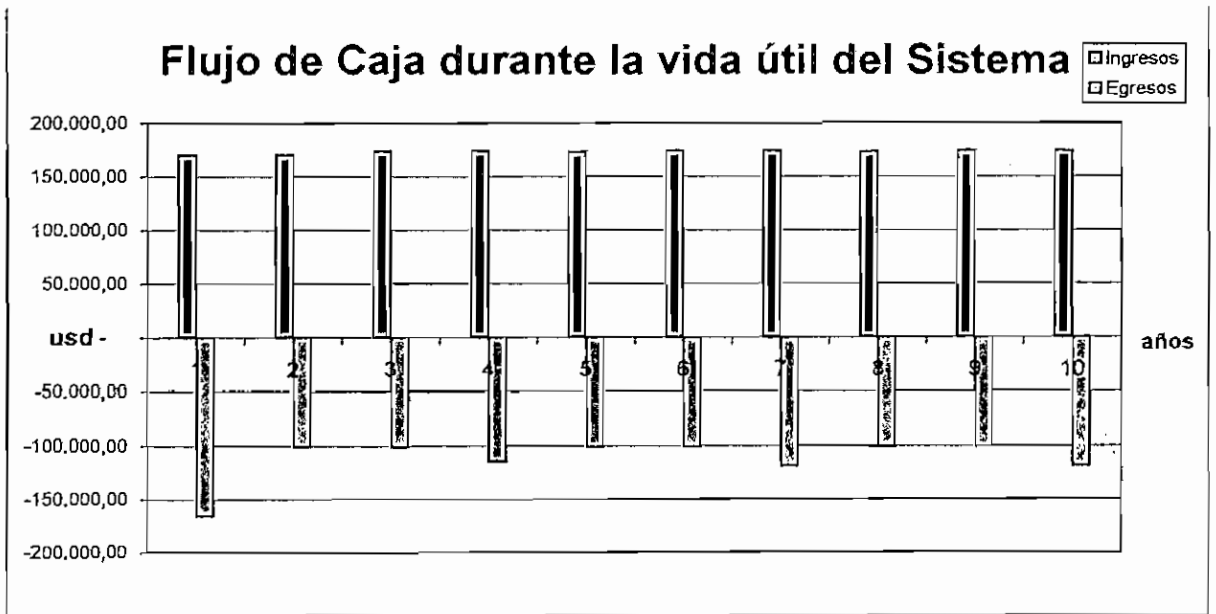
## ANEXO No. 4.2.2

	EGRESOS	INGRESOS	SUBT. EGR.	SUBT. INGR.
<b>SEXTO AÑO</b>				
Compra de combustible	70.545,00			
Compra de aceites y filtros	5.876,00			
Mano de obra mantenimiento	720,00			
Aumento del Impuesto a la renta	24.323,46		101.464,46	
Ahorro 10% deducible del Seguro		18.000,00		
Ahorro horas pagadas no trabajadas		30.600,00		
Ahorro impuesto a la renta (deprecia.)		2.210,00		
Ahorro pago a EMELNORTE		120.000,00		
Valor de oportunidad del ahorro total		3.624,82		174.434,82
<b>SEPTIMO AÑO</b>				
Compra de combustible	70.545,00			
Compra de aceites y filtros	5.876,00			
Mano de obra mantenimiento	720,00			
Mantenimiento Mayor	17.500,00			
Aumento del Impuesto a la renta	24.329,38		118.970,38	
Ahorro 10% deducible del Seguro		18.000,00		
Ahorro horas pagadas no trabajadas		30.600,00		
Ahorro impuesto a la renta (deprecia.)		2.210,00		
Ahorro pago a EMELNORTE		120.000,00		
Valor de oportunidad del ahorro total		3.648,52		174.458,52
<b>OCTAVO AÑO</b>				
Compra de combustible	70.545,00			
Compra de aceites y filtros	5.876,00			
Mano de obra mantenimiento	720,00			
Aumento del Impuesto a la renta	24.110,85		101.251,85	
Ahorro 10% deducible del Seguro		18.000,00		
Ahorro horas pagadas no trabajadas		30.600,00		
Ahorro impuesto a la renta (deprecia.)		2.210,00		
Ahorro pago a EMELNORTE		120.000,00		
Valor de oportunidad del ahorro total		2.774,41		173.584,41
<b>NOVENO AÑO</b>				
Compra de combustible	70.545,00			
Compra de aceites y filtros	5.876,00			
Mano de obra mantenimiento	720,00			
Aumento del impuesto a la renta	24.321,41		101.462,41	
Ahorro 10% deducible del Seguro		18.000,00		
Ahorro horas pagadas no trabajadas		30.600,00		
Ahorro impuesto a la renta (deprecia.)		2.210,00		
Ahorro pago a EMELNORTE		120.000,00		
Valor de oportunidad del ahorro total		3.616,63		174.426,63
<b>DECIMO AÑO</b>				
Compra de combustible	70.545,00			
Compra de aceites y filtros	5.876,00			
Mano de obra mantenimiento	720,00			
Mantenimiento Mayor	17.500,00			
Aumento del Impuesto a la renta	24.329,30		118.970,30	
Ahorro 10% deducible del Seguro		18.000,00		
Ahorro horas pagadas no trabajadas		30.600,00		
Ahorro impuesto a la renta (deprecia.)		2.210,00		
Ahorro pago a EMELNORTE		120.000,00		
Valor de oportunidad del ahorro total		3.648,21		174.458,21

### ANEXO No. 4.2.3

RESUMEN DE INGRESOS Y EGRESOS, GRAFICO Y CALCULO DEL T.I.R. Y V.A.N.

AÑO	INGRESOS	EGRESOS	Valores de Cálculo
0			-88.838,00
1	170.810,00	-165.979,00	93.669,00
2	170.810,00	-100.558,25	70.251,75
3	174.322,59	-101.436,40	72.886,19
4	174.454,31	-114.594,33	59.859,98
5	173.803,00	-101.306,50	72.496,50
6	174.434,82	-101.464,46	72.970,37
7	174.458,52	-118.970,38	55.488,14
8	173.584,41	-101.251,85	72.332,56
9	174.426,63	-101.462,41	72.964,22
10	174.458,21	-118.970,30	55.487,91



CALCULO DEL TIR Y VAN

TIR DEL PROYECTO:

91%

VAN DEL PROYECTO:

457.044,34 usd