

TEC | Tecnológico de Costa Rica

ESCUELA DE ELECTROMECAÁNICA

Carrera: Ingeniería en Mantenimiento Industrial

SIESA

Soluciones Industriales Electromecánicas S.A.
www.siesacr.com

*Automatización en el sistema eléctrico en Siesa para el ahorro
energético mediante un sistema SCADA*

INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PARA OPTAR POR EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

Iván Cruz Ivankovich

Cartago, Junio 2016



engineerscanada

Escuela Acreditada por el
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

Información del estudiante

Nombre: Iván Cruz Ivankovich.

Cédula: 1-1492.0468.

Carné ITCR: 200944035.

Dirección de residencia en época lectiva: Residencial el Molino, Cartago, Costa Rica.

Teléfono en época lectiva: 8323-0092.

Email:ivanivankovich@hotmail.com

Información del proyecto

Nombre del proyecto: Automatización del sistema eléctrico de la empresa Siesa para el ahorro energético.

Tipo de proyecto: Técnico.

Asesor industrial: Ing. Marcos Gonzales.

Profesor asesor: Henry Jiménez A.

Horario de trabajo del estudiante: lunes a jueves de 07:00 a 16:30.

Información de la empresa

Nombre: Soluciones Industriales Electromecánicas S.A.

Dirección: 200 este, 500 norte, del Restaurante Bacchus, Santa Ana, 6150 San José, Costa Rica.

Teléfono: 2203-1516.

Fax: 2282-2401.

Actividad principal: Diseño e instalación de tableros eléctricos y de control y venta de equipos eléctricos.

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi familia, que me brindó siempre la oportunidad de estudiar, así como la ayuda y la guía necesaria para salir adelante como persona y como profesional.

Dedico a mi novia, que siempre estuvo a mi lado durante todo el proceso y con su apoyo, comprensión y ayuda pude superar este gran paso hacia la vida profesional.

Agradecimiento

Les agradezco a los profesores que a lo largo de mis estudios académicos superiores tuvieron la paciencia y el interés para brindar su mayor esfuerzo al transferir su conocimiento y sabiduría.

Agradezco a mi asesor industrial Ing. Marcos Gonzáles que me brindó su apoyo, y siempre se presentó dispuesto a ayudarme y orientarme, guiándome a desarrollar mi proyecto profesional, además de estar siempre anuente a aclarar mis dudas.

Agradezco a mis compañeros de la universidad con los que compartí horas de estudio y trabajo, especialmente los que dedicaron el tiempo para ayudarme con el entendimiento de las materias.

Por último vuelvo a agradecer a mis padres, a mis hermanos y a mi novia que por años creyeron en mí y en mi sueño de convertirme en profesional.

Tabla de contenido

Resumen Ejecutivo	1
1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	3
1.1 Reseña	3
1.2 Misión	3
1.3 Visión	3
1.4 Información de la empresa:	4
1.5 Descripción del proceso productivo	5
2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO	6
2.1 Objetivos	6
2.1.1 Objetivo General	6
2.1.2 Objetivos Específicos:	6
2.2 Alcances	7
2.3 Limitaciones	8
2.4 Definición del problema	9
2.5 Procedimiento	11
2.5.1 Programa de necesidades	11
2.5.2 Estudio preliminar	11
2.5.3 Cálculos de ingeniería	11
2.5.4 Selección de los equipos	11
2.5.5 Dibujo y especificación de equipos y materiales	11
2.5.6 Lista de Costos de materiales	12
3 FUNDAMENTOS TEORICOS	13
3.1 Conceptos Básicos	13
3.1.1 Automatización	13
3.1.2 Diagrama Escalera	14

3.1.3	Señal	17
3.1.4	Señal Digital	17
3.1.5	Señal Analógica.....	18
3.1.6	HMI.....	19
3.1.1	Tensión.....	19
3.1.2	Corriente.....	20
3.1.3	Energía Eléctrica	21
3.1.4	Demanda Eléctrica	21
3.1.5	Controlador Lógico Programable (PLC).....	21
3.1.6	Contactador.....	23
3.1.7	Relé	24
3.1.8	Breaker.....	25
3.1.9	Fuente DC	26
3.1.10	Transductor de Corriente.....	26
3.1.11	Bornes.....	26
3.1.12	Sensor.....	27
3.1.13	Categorías de utilización	27
3.1.14	Energía Solar Fotovoltaico	28
3.1.15	Valor Actual Neto (VAN).....	29
3.1.16	Tasa Interna de Rendimiento (TIR)	29
3.2	Redes y Protocolos	30
3.2.1	Dirección IP	30
3.2.2	Ethernet.....	30
3.2.3	Red RS485.....	32
3.2.4	Protocolo Modbus.....	33

3.2.5	SCADA	34
4	DISEÑO DEL SISTEMA SCADA	36
4.1	Instalación Eléctrica de la empresa	36
4.1.1	Consumo	36
4.1.2	Distribución	37
4.1.3	Generación	38
4.1.4	Consumo, facturación y Red Pública	43
4.2	Puntos de Ahorro	47
4.2.1	Balaceo de Líneas	47
4.2.1	Control de Luces de Bodega	48
4.2.2	Control de Aires Acondicionados	52
4.3	Selección de equipos	58
4.3.1	Características de equipos seleccionados	59
4.4	Conexión y comunicación de equipos	73
4.4.1	Diagramas (entradas y salidas)	73
4.4.2	Dispositivos Modbus	74
4.4.1	Señales Digitales	75
4.4.2	Señales Analógicas	75
4.5	Programación	77
4.5.1	Software	77
4.5.2	Pasos del Sistema de Control	79
4.5.3	Programación de PLC	81
4.5.4	Programación de Pantalla HMI	81
4.5.5	Funciones Principales de Sistema	81
4.5.6	Funciones extra incorporadas al sistema	82

4.6	Planos.....	87
4.6.1	Eléctrico-estructural.....	87
4.6.2	Tablero de Control.....	89
4.7	Análisis Económico.....	93
4.7.1	Inversión.....	93
4.7.2	Ahorro.....	94
4.7.3	Recuperación de inversión.....	96
5	CONCLUSIONES.....	98
6	RECOMENDACIONES.....	99
7	BIBLIOGRAFÍA.....	100
8	ANEXOS.....	102

Índice de Tablas

Tabla 3.1. Simbología de Contactos, diagrama escalera	16
Tabla 3.2. Simbología de Bobinas, diagrama escalera.....	16
Tabla 3.3. de las categorías de utilización.....	28
Tabla 4.1. Consumo de Equipos eléctricos de Siesa.	36
Tabla 4.2. Equipos que conforman el sistema fotovoltaico	38
Tabla 4.3. Valores promedio del consumo y generación en Siesa.	43
Tabla 4.4. Tarifa Comercial General (I periodo 2016).....	45
Tabla 4.5. Cargos extras del servicio eléctrico (I periodo 2016)	45
Tabla 4.6. Consumo de Equipos eléctricos de Siesa.	55
Tabla 4.7. Lista de Equipos necesarios para el proyecto	58
Tabla 4.8. Lista de los costos de equipos nuevos.	93
Tabla 4.9. Lista de tareas de ahorro diario de energía eléctrica.	95
Tabla 4.10. Ahorro mensual previsto del sistema eléctrico de Siesa.	96
Tabla 4.11. Retorno de la inversión.....	96

Índice de imágenes

Imagen 3.1. Ejemplo de Diagrama Escalera	15
Imagen 3.2. Onda de señal digital	18
Imagen 3.3. Onda de Señal analógica	18
Imagen 3.4. Diagrama Conceptual del PLC	21
Imagen 3.5. Diagrama Conceptual del PLC	22
Imagen 3.6. Diagrama de Contactor	23
Imagen 3.7. Tipos de Relé Conmutador	25
Imagen 3.8. Interpretación de dirección IP	30
Imagen 3.9. Línea no Balanceada.....	33
Imagen 3.10. Línea Balanceada	33
Imagen 4.1. Distribución de centros de carga	37
Imagen 4.2. Distribución anterior del tablero de control.....	38
Imagen 4.3. Paneles solares en Siesa	39
Imagen 4.4. Inverter PVI 6500	39
Imagen 4.5. Medidor Archmeter PA3000	44
Imagen 4.6. Líneas desbalanceadas, vista de medidor PA3000	47
Imagen 4.7. Distribución de Luminarias de Bodega (Primer piso)	48
Imagen 4.8. Distribución de Luminarias de Bodega (Segundo piso)	49
Imagen 4.9. Análisis de carga en el método de consumos.....	54
Imagen 4.10. Análisis de carga en el método de control por temperatura.	57
Imagen 4.11. Pantalla HMI Marca: Kinco, Modelo: MT4220TE	60
Imagen 4.12. Contactor Marca: Moeller-Eaton, Modelo: DILEM-01.....	61
Imagen 4.13. Secuencia del contacto del DILEM-01	62
Imagen 4.14. Contactor Marca: Chint, Modelo: NCH8 20.....	62
Imagen 4.15. Breaker Marca:Chint , Modelo: NB1-63	63
Imagen 4.16. Contactor Marca: Moeller, Modelo: DILEM-01	64
Imagen 4.17. Modulo I/O digitales DVP 16SP	65
Imagen 4.18. Sensor de pasillo Finder S18.41	66
Imagen 4.19. Cobertura del Sensor S18.41	67
Imagen 4.20. Ajustes del Sensor S18.41	67
Imagen 4.21. Sensor crepuscular Finder 11.91	68
Imagen 4.22. Módulo para PT100 (DVP 04PT)	69
Imagen 4.23. Módulo para PT100 (DVP 04PT)	70
Imagen 4.24. Alambrado del DVP04PT	70
Imagen 4.25. Controlador de temperatura DTB4824.....	71
Imagen 4.26. Controlador de temperatura DTB4824.....	72
Imagen 4.27. Diagrama de entradas y salidas del sistema	73
Imagen 4.28. Representación de conexión de equipos a red Ethernet.....	74
Imagen 4.29. Conversión análogo-digital de los equipos DVP04PT y DTB	76
Imagen 4.30. Comportamiento del Sistema de Control de Aires Acondicionados. 79	
Imagen 4.31. Comportamiento de Luces de Bodega.....	80
Imagen 4.32. Pantalla principal del sistema SCADA.	84
Imagen 4.33. Pantalla de control y monitoreo de aires acondicionados.	84

Imagen 4.34. Pantalla de visualización del sistema fotovoltaico.....	85
Imagen 4.35. Pantalla de monitoreo del medidor de energía.....	85
Imagen 4.36. Pantalla de control y monitoreo de luces de bodega.	86
Imagen 4.37. Fragmento de plano eléctrico con el detalle de luminarias.	88
Imagen 4.38. Fragmento de plano eléctrico con el detalle de tomacorrientes.	89
Imagen 4.39. Identificación de equipos en plano de potencia.	90
Imagen 4.40. Identificación de equipos en plano de control.	90
Imagen 4.41. Identificación de equipos en plano de control.	91
Imagen 4.42. Fragmento de plano de potencia del sistema de control.	92
Imagen 4.43. Fragmento de plano de control del sistema de control.....	92

Índice de figuras

Figura A - 1. Curvas de breakers Chint NB1-63 y NB1-63H.....	102
Figura A - 2. Especificaciones técnicas de la fuente DVP PS01.....	102
Figura A - 3. Especificaciones técnicas del equipo DVP 04PT - 2.....	103
Figura A - 4. Especificaciones técnicas del módulo DVP DTB	103
Figura A - 5. Especificaciones técnicas del PLC DVP 12SE.....	104
Figura A - 6. Esquema de Conexión de sensores Finder serie 11.....	105
Figura A - 7. Especificaciones técnicas de interruptores Finder	106
Figura A - 8. Especificaciones técnicas Bornes repartidores Linewll	107
Figura A - 9. Especificaciones técnicas de contactor Chint NCH8-20.....	108

Resumen Ejecutivo

La presente práctica profesional desarrolla un proyecto capaz de controlar, en las instalaciones de la empresa, las cargas eléctricas críticas en el consumo diario así como también, se toma este proyecto como una pequeña muestra de equipos y trabajos para los clientes que visitan las instalaciones.

Como punto clave para el ahorro energético, se procede a realizar un sistema inteligente capaz de realizar un control de cargas, basándose en condiciones de consumo y generación fotovoltaica, así como condiciones atmosféricas que alteran ambos fenómenos eléctricos.

Parte del proceso consta de investigar las condicionantes que exponen la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) en cuanto a tipos de tarifas, consumos mínimos, autogeneración y costo de energía.

Para tener una visualización completa del sistema eléctrico, se calculan tanto las cargas constantes (equipos que no se controlarán con este proyecto) como las variables y/o de mayor consumo como aires y luces de bodega, tomando en cuenta las condiciones máximas de operación a las que se pueda ver expuesto el sistema eléctrico.

Como complemento para el plan de disminución del consumo energético, se involucra el sistema de generación fotovoltaica y el medidor de energía que posee la empresa para aprovecharlo al máximo y ayudar aún más con el ahorro energético.

Además se analiza adecuadamente la selección de los componentes eléctricos, y de automatización industrial, escogiendo ubicaciones estratégicas tanto del tablero como de los dispositivos de monitoreo, sensado y temperatura para el óptimo funcionamiento, facilidad de control, accesibilidad y mantenimiento.

También se realiza la escogencia de los accesorios necesarios para la construcción y montaje del proyecto, seleccionando los cables, dispositivos de comunicación, conectores, soportería y otros que completan el sistema de automatización.

Finalmente, se levanta un listado de los costos en los que incurrirá el proyecto en tanto a equipos y accesorios que se requieren para construir el sistema de control automático. Con esta inversión se procede a realizar un análisis económico sobre la viabilidad del proyecto.

1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 Reseña

Siesa es una empresa costarricense que se encarga de ofrecer al país soluciones integrales a proyectos electromecánicos que surgen por las necesidades de las diferentes industrias. Esta fue fundada en 1995 por Marcos Gonzáles, ingeniero en Mantenimiento Industrial.

La organización, como actividad principal, desarrolla proyectos de diseño e implementación en automatización y control eléctrico. Se desenvuelve principalmente en diseños de sistemas de ahorro energético para brindar soluciones a las diferentes industrias; tales como las alimenticias, las agroindustriales, los supermercados, entre otros.

1.2 Misión

Ofrecer soluciones integrales en el área electromecánica mediante el suministro de materiales eléctricos y mecánicos; integrados con conocimiento técnico y experiencia profesional para brindar servicios especializados y desarrollar proyectos según las necesidades y oportunidades de mejora en los procesos industriales y actividades comerciales del sector productivo.

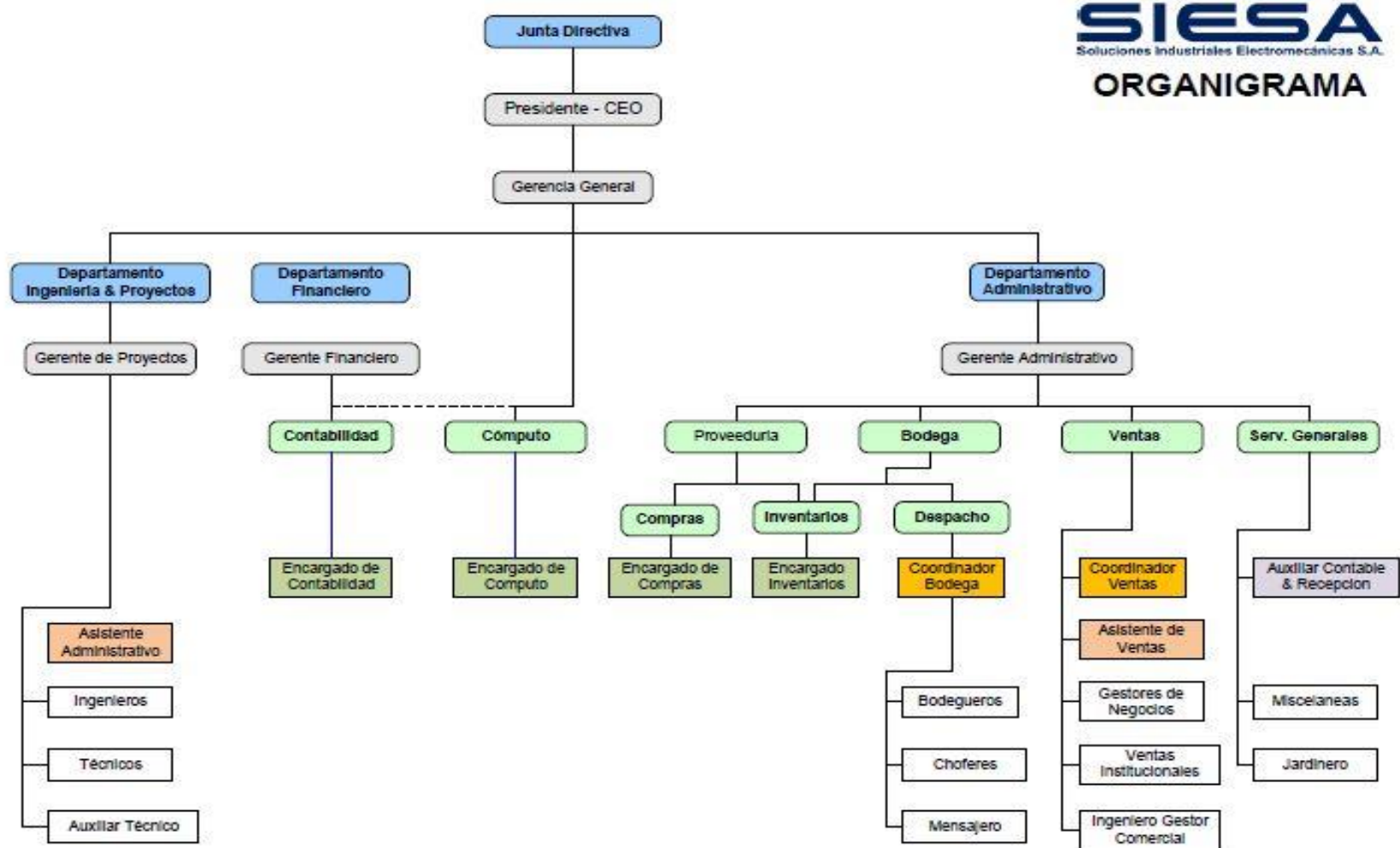
1.3 Visión

Buscar nuevas tecnologías y productos para ofrecer a nuestros clientes soluciones y oportunidades de mejora a costos razonables; para optimizar la productividad y calidad de sus servicios y productos.

1.4 Información de la empresa:

- Nombre: Soluciones Industriales Electromecánicas S.A.
- Provincia: San José.
- Dirección: 200 este, 500 norte, del Restaurante Bacchus, Santa Ana, 6150 San José, Costa Rica.
- Actividad Principal: Diseño e implementación de sistemas y tableros eléctricos y de control.
- Teléfono: 2203-1516.

1.5 Descripción del proceso productivo



Fuente: Rolando Zúñiga (Gerente General de Siesa)

2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

Diseñar un sistema automatizado que permita el control de las cargas eléctricas, para generar un ahorro en el consumo eléctrico de las instalaciones de la empresa Siesa (Soluciones Industriales Electromecánicas SA).

2.1.2 Objetivos Específicos:

- 1- Integrar al equipo técnico para hacer una correcta selección de equipos y herramientas a utilizar.
- 2- Calcular el consumo eléctrico de la empresa para identificar las cargas eléctricas críticas para el ahorro energético.
- 3- Rediseñar el sistema eléctrico y seleccionar equipos que se adapten al plan de ahorro del proyecto.
- 4- Elaborar una programación de un controlador lógico programable (PLC) capaz de controlar la actividad de las cargas eléctricas sin interferir en el trabajo y las tareas cotidianas dentro de la empresa.
- 5- Utilizar una pantalla HMI capaz de controlar y monitorear el comportamiento de aires acondicionados y luces.
- 6- Realizar la lista de materiales y costos requeridos para la construcción del proyecto.
- 7- Justificar el costo del proyecto y el tiempo de recuperación de la inversión para evaluar su rentabilidad.
- 8- Entregar a la empresa la documentación respectiva para aplicar el plan.

2.2 Alcances

El planteamiento de este proyecto se enfoca en la reducción de consumo eléctrico de las instalaciones centrales de la empresa; que incluye, entre otros equipos, luminarias y aires acondicionados.

Los toma corrientes, por otro lado, no serán tomados en cuenta en el estudio, debido a que son una carga constante durante toda la jornada laboral.

Mediante los distintos software, se logra programar y comunicar todos los equipos involucrados en el proyecto, para alcanzar el funcionamiento conjunto deseado.

Al finalizar la investigación, se le entregará a la empresa un reporte con el estado inicial y posteriormente una documentación con los resultados que podrá obtener al aplicar el plan. Además, se incluirán planos, especificaciones y modelos de equipos y herramientas para el correcto funcionamiento del proyecto.

A parte del diseño del sistema de control automático, se toma en cuenta el análisis financiero que brinda un panorama monetario del proyecto. Esto permitirá determinar la viabilidad económica de la alternativa propuesta.

2.3 Limitaciones

Como parte de la elaboración del proyecto se analizan estas posibles limitantes:

- Falta de información por parte de la empresa, haciendo referencia a la ausencia de planos y reportes de consumo.
- Ausencia de manuales de equipos importantes en el sistema.
- No contar con un registro de los recursos que utilizan (capacidades de los equipos o pérdida de información por falta de mantenimiento).
- Falta de conocimiento sobre la utilización de algunos software y equipos.

2.4 Definición del problema

La realización del proyecto surge ante la posibilidad de generar una solución financiera rentable a la situación del consumo eléctrico innecesario de Siesa. El objetivo, también, es ofrecer un sistema básico de muestra de equipos y funcionamiento para los clientes que visitan las instalaciones.

El personal de la compañía no tiene conciencia sobre el consumo eléctrico y manipula a gusto propio las unidades de aire acondicionado, cuando en ocasiones estas no son necesarias. El problema radica en que estos equipos son los que mayor consumo tienen, pues funcionan durante toda la jornada laboral.

Además, en el área de bodega, al ser muy transitada contaba con un sistema de encendido inteligente, pero no con uno de apagado, por lo que la iluminación de los pasillos permanecía encendidas por mucho tiempo cuando nadie estaba dentro de sus pasillos.

El proyecto consiste en el diseño de un sistema SCADA que se encargue de controlar y monitorear los aires acondicionados, de manera que se pueda mantener una temperatura de confort y un ambiente idóneo para el personal. Además, generar un ahorro al evitar los consumos innecesarios que se incrementan al ser manipulados al gusto.

Este sistema también permite un control de las luces del área de pasillos de la bodega, mediante un encendido inteligente únicamente cuando hay personal en el área. Esto facilita la tarea del personal a la hora de trasladar equipos y genera un ahorro al utilizar la iluminación únicamente cuando es necesario.

Este método se realiza a partir de un tablero de control –ya instalado– y su diseño compete realizar la programación necesaria de PLC, HMI y demás equipos, para generar una sintonía de todos los elementos.

La programación depende de una ubicación estratégica de equipos, energía eléctrica de la compañía de servicios, cantidad de personal y condiciones ambientales como la luz solar y temperatura.

2.5 Procedimiento

2.5.1 Programa de necesidades

El proyecto nace por la necesidad de disminuir la factura eléctrica, documentar planos incompletos y además, mejorar el funcionamiento de equipos para una buena y cómoda actividad por parte del personal.

2.5.2 Estudio preliminar

Se parte del análisis de todos los equipos de consumo eléctrico, mapeando aquellos que se pueden controlar sin afectar las actividades diarias del personal y que tengan peso en el consumo de las instalaciones.

Es importante considerar los métodos y procedimientos con los que ya cuenta la empresa, para seguir el estándar de estudio, selección, construcción y confección del tablero y sus componentes.

2.5.3 Cálculos de ingeniería

El plan es ejecutar un análisis que permita mapear las cargas eléctricas que afectarán el proyecto dentro de las instalaciones. Se realizará una programación capaz de controlar y monitorear el comportamiento de los equipos.

2.5.4 Selección de los equipos

Al tomar como referencia el estudio de las necesidades de la empresa y el diseño del sistema de automatización, se eligen los equipos que contemplen las características requeridas para lograr el objetivo. Entre ellos se encuentran, PLC, contactores, módulos de ampliación, sensores, pantalla HMI.

2.5.5 Dibujo y especificación de equipos y materiales

Realizar los planos eléctricos y mecánicos del sistema, especificando detalles de los equipos, las partes de potencia y de control, así como una distribución del montaje real de los componentes del tablero.

2.5.6 Lista de Costos de materiales

Una vez efectuada la escogencia de los equipos necesarios para el proyecto, se realizan las estimaciones de los costes en que se incurrirá, por la adquisición de los equipos y accesorios para todo el sistema de control.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 Conceptos Básicos

3.1.1 Automatización

Automatización es el uso de máquinas o mecanismos diseñados para seguir secuencias y patrones determinados que responden a instrucciones predeterminadas para sustituir el esfuerzo físico y mental humano en tareas manuales, toma de decisiones o simples rutinas de observación.

Es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar procesos industriales y/o maquinarias, lo cual el trabajo de los operarios o en algunos casos lo sustituye. En palabras sencillas, es un sistema que permite la ejecución de acciones y tareas sin intervención manual humana.

Este sistema involucra muchos equipos, metodologías, procesos, comunicación y la unión de muchos otros elementos para lograr los siguientes objetivos:

- Mejorar la calidad de procesos y productos.
- Reducir tiempos de producción.
- Agiliza procesos.
- Reducir costos de producción.
- Realizar tareas que requieran alta precisión.
- Incrementar seguridad.

Consta de dos partes principales:

- Mando: esta parte es la encargada de monitorear, controlar, ordenar, analizar y decidir todas las operaciones que se perciben y que se realizan. Está principalmente liderado por autómatas programables como lo son los PLC y los Relés Inteligentes.
- Operación: se refiere a la parte que actúa directamente sobre las máquinas y equipos que permite la elaboración del proceso o producto. Tanto en la detección de condiciones como en el accionamiento de los equipos actuadores. Involucra equipos eléctricos, mecánicos y neumáticos, así como sensores, transductores, entre otros.

3.1.2 Diagrama Escalera

Un diagrama escalera es un esquema eléctrico estandarizado que utiliza símbolos para describir el comportamiento de un circuito eléctrico de control. En ocasiones, los diagramas escalera son considerados como las instrucciones para alambrear los circuitos de control.

Es llamado Diagrama Escalera debido a que varios de los dispositivos del circuito están conectados en paralelo a través de una línea lo cual, todo en conjunto se asemeja a una escalera, de donde cada conexión en paralelo es un peldaño de la escalera.

La interpretación de un diagrama escalera se realiza de izquierda a derecha y generalmente de arriba hacia abajo. En cada rama se analiza la conexión de los elementos de entrada y los contactos de los elementos de control y se determina qué condiciones hacen que la salida sea o no energizada.

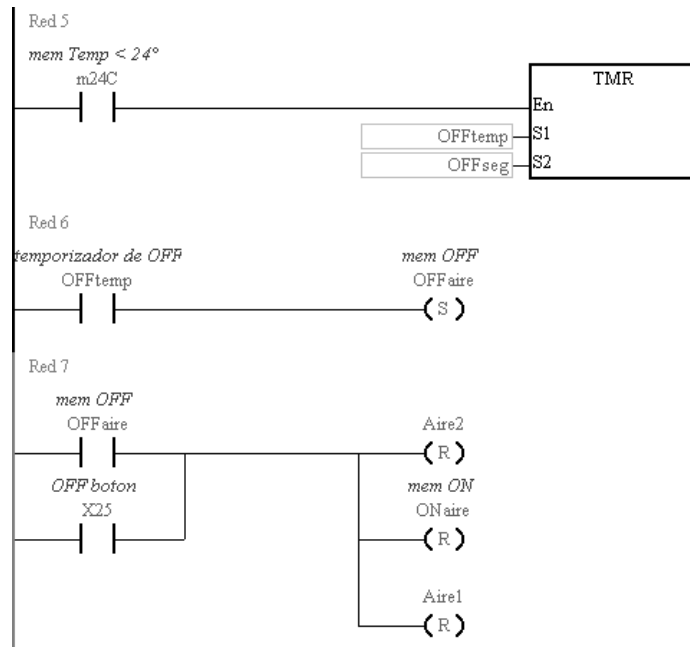


Imagen 3.1. Ejemplo de Diagrama Escalera

Fuente: Software Delta ISPSOft



Las instrucciones de entrada son las condiciones que permite que el circuito deje o no deje pasar la línea corriente de una a la otra. Estas condiciones se trabajan comúnmente con contactos normalmente abiertos o normalmente cerrados, los cuales interpretan las señales de los interruptores o sensores. Si las condiciones se cumplen, la corriente llega a las instrucciones de salida, las cuales generan acciones como energizar un equipo. De esta manera el paso de la corriente hacia las bobinas de salida se condicionan por la lógica de las instrucciones de entradas.

Un PLC tiene muchas terminales "de entrada" y también muchas terminales de salida, a través de las cuales se producen las señales "alta" o "baja" que se transmiten a las luces de energía, solenoides, contactores, pequeños motores y otros dispositivos que se prestan a control on/off.

Este tipo de lenguaje involucra muchos tipos de elementos, símbolos y funciones que se representan de distinta manera dependiendo de la marca del software y del PLC que se utilice.





A continuación se muestran los elementos de mayor uso en este tipo de programación.

Tabla 3.1. Simbología de Contactos, diagrama escalera

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	<p>Contactos normalmente abiertos: como su nombre lo indica los contactos NA (normalmente abiertos) son aquellos contactos que en su estado de reposo no dejan conducir energía eléctrica. Una vez la bobina se energice los contactos se cierran y dejan pasar energía a otros elementos.</p> <p>Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.</p>
	Contacto NC	<p>Contactos normalmante cerrados: como su nombre lo indica, los contactos NC (normalmente cerrados) son aquellos que en su estado de reposo dejan pasar corriente y cuando la bobina que los gobierna está energizada estos contactos se abren y no dejan pasar energía.</p> <p>Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.</p>

Fuente: Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Tabla 3.2. Simbología de Bobinas, diagrama escalera

	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

Fuente: Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Además de estos símbolos indispensables, este tipo de lenguaje utiliza funciones matemáticas, temporizadores, contadores, retardos de conexión y desconexión, y

muchas otras tareas más detalladas, que sirven para casos muy específicos, como funciones de alta velocidad, parámetros de comunicación, lectura de datos de otros equipos, entre otros.

3.1.3 Señal

Una señal se puede definir como: “un flujo de información proveniente de una fuente, la cual puede ser de naturalezas distintas como la óptica, la mecánica, eléctrica, magnética, acústica, entre otras”. Esta cantidad de información, para poder ser interpretada y darle una aplicación, primero debe ser transformada en señales eléctricas.

3.1.4 Señal Digital

Son variables eléctricas con dos niveles diferenciados que se alternan en el tiempo, transmitiendo información según una codificación previamente ajustada. Cada nivel representa uno de los 2 posibles escenarios: 0 ó 1, Verdadero o Falso, Alto o bajo, etc.

Los niveles específicos dependen del tipo de dispositivos utilizados, pues esta información ya codificada, puede ser representada en impulsos eléctricos de alta y baja tensión, en interruptores abiertos o cerrados, en datos numéricos, entre otros.

La información está compuesta por un bit o un grupo de estos. Cada uno de estos bits con su comportamiento binario hace que en cada conjunto de bits tenga una configuración específica que equivale a un dato o información específica.

Una importante característica que posee este tipo de señal es que ofrece mayores facilidades a la hora de compartir gran cantidad de información.

Señal Analógica

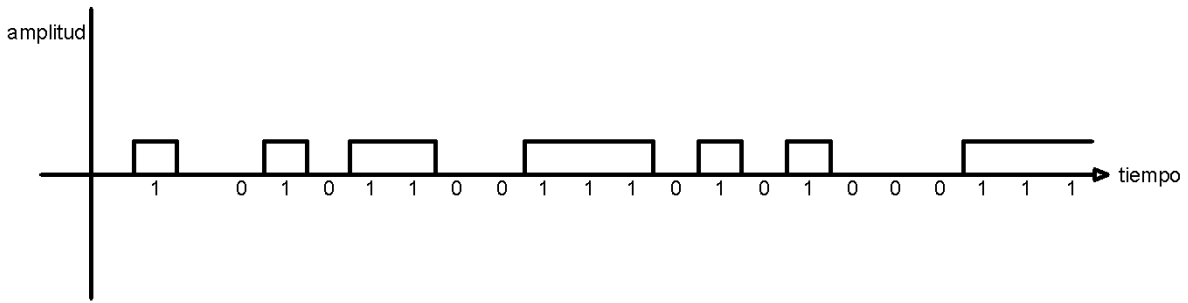


Imagen 3.2. Onda de señal digital

Fuente: Elaboración Propia

3.1.5 Señal Analógica

Una señal analógica es una variable eléctrica que se transforma en el tiempo en forma análoga a una variable física, es decir, permite representar no solo el estado de una variable, sino también su magnitud.

La mayor desventaja a la hora de trabajar y transmitir información mediante este tipo de señal es que el ambiente también genera del tipo analógico, estas se conocen como ruido y habitualmente interfieren con las que transportan información, por lo que crean complicaciones, resultando en una señal de calidad menor.

Señal Analógica

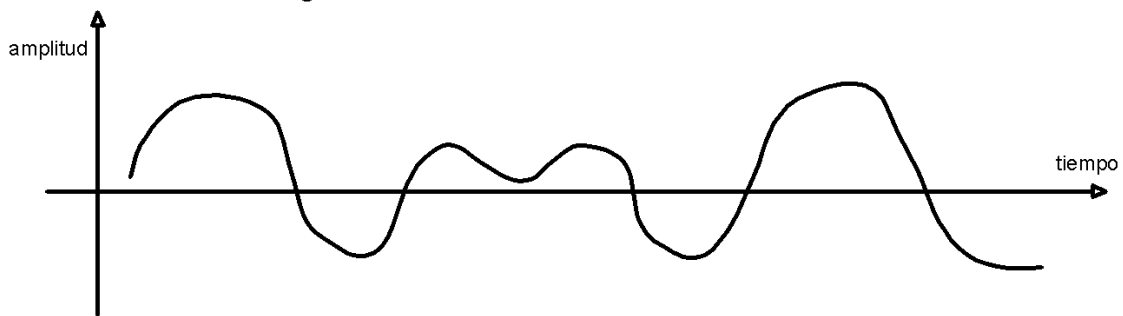


Imagen 3.3. Onda de Señal analógica

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6 HMI

Es una Interfaz de usuario asistido por un computador o como actualmente se nombran Interfaz Hombre Máquina (HMI).

La HMI es lo que permite tener un punto de contacto directo y de manera segura con la máquina por parte del usuario. Estas buscan simplificar el control, monitoreo y órdenes de funcionamiento para el usuario. Normalmente se refieren a pantallas.

- Funciones principales:
- Monitoreo.
- Supervisión.
- Alarmas.
- Control.
- Históricos.

Al principio de la tecnología estas consistían en paneles compuestos de indicadores como luces, alarmas, medidores análogos y pulsadores que permitían la interconexión de módulos de una máquina. Mediante el avance tecnológico, ahora se cuenta con interfaces digitales de poco tamaño, sencillos de utilizar y con mucho poder y de menor costo.

3.1.1 Tensión

Tensión, es la diferencia de energía potencial causada por la separación de dos cargas (Floyd). En circuitos eléctricos, la tensión es la fuerza propulsora y es lo que establece la corriente.

Otra definición que se le asigna a la tensión es la diferencia de potencial entre dos puntos cuando se utiliza un joule de energía para mover un coulomb de carga de un punto a otro. A este fenómeno se le representa por medio de la unidad Voltios (V).

3.1.2 Corriente

Movimiento de electrones que circulan por un circuito gracias a la energía que proporciona la tensión (Thomas). Variación de la carga eléctrica con respecto al tiempo que se produce en la sección transversal de un conductor (Fraile). Su unidad de medida es Amperios (A).

3.1.3 Energía Eléctrica

Es una de las formas de manifestación de la energía. Se le denomina energía eléctrica a la forma de energía que se obtiene tras la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite circular una corriente eléctrica entre ambos (cuando se encuentran en contacto) y obtener trabajo.

Esta energía puede transformarse principalmente en otros tres tipos de energía: luminosa, térmica y magnética.

3.1.4 Demanda Eléctrica

Es la cantidad de potencia eléctrica consumida por un sistema eléctrico, variable que depende de la capacidad que tengan los equipos conectados en una instalación eléctrica.

3.1.5 Controlador Lógico Programable (PLC)

Los controladores lógicos programables son básicamente un computador, debido a que posee la circuitería básica de uno (unidad de control, memorias y entradas-salidas) y son capaces de almacenar instrucciones, ejecutar operaciones de temporización, aritmética, conteo, manipulación de datos y efectuar comunicación con otros dispositivos y equipos.

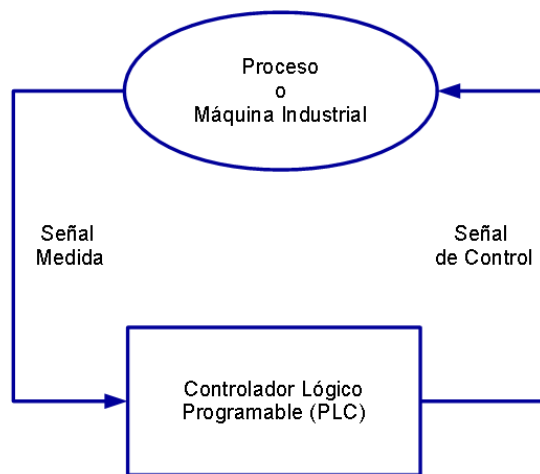


Imagen 3.4. Diagrama Conceptual del PLC

Fuente: Elaboración Propia

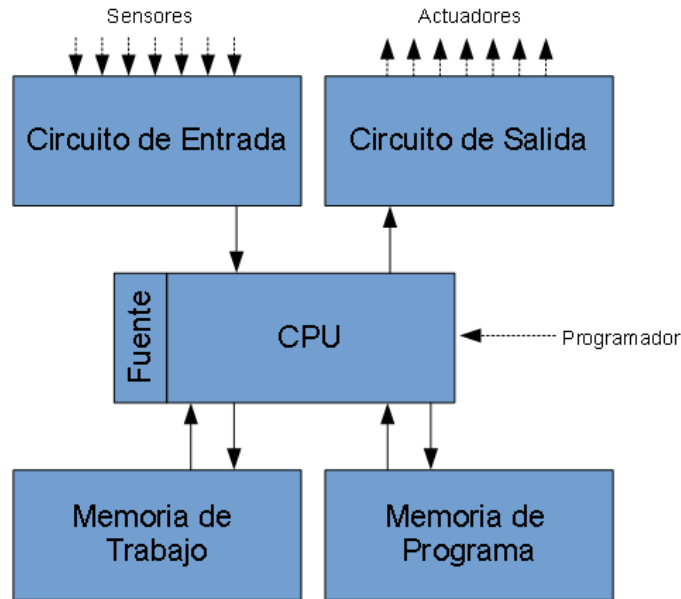


Imagen 3.5. Diagrama Conceptual del PLC

Fuente: Elaboración Propia

La fuente de alimentación suministra la energía en corriente continua debidamente regulada y la protección para las otras unidades o módulos del sistema. Debido a que en la industria se presentan muchas variaciones de tensión en las líneas, las fuentes de alimentación de los PLC deben aceptar variaciones en la entrada de corriente alterna alrededor del 10 al 15%. Cuando este valor de tolerancia es excedido, algunas fuentes de alimentación proporcionan un comando de apagado a la CPU.

La Unidad Central de Proceso CPU dispone de un microprocesador como elemento principal, encargada de ejecutar el programa de control y de ordenar la transferencia de datos entre las memorias y los módulos de entradas y salidas. Para ejecutar el programa de control, la CPU escanea la memoria y la lista de instrucciones de forma secuencial, efectuando esto de manera cíclica.

La memoria de la CPU almacena los datos del proceso (señales de entradas y salidas, variables internas de bits o palabras, datos alfanuméricos y contantes) y los datos necesarios para el control (programa de control, comunicación y

configuración del PLC). Además debe disponer de memorias ROM y RAM, cuya capacidad depende del modelo y marca del PLC.

Los módulos de entradas/salida. Mediante este medio se provee la conexión física entre el CPU y los dispositivos de campo (sensores, transductores, actuadores, etc.). Las entradas y salidas del PLC son digitales o analógicas; pueden estar incluidas en la misma unidad del PLC o en módulos adicionales.

3.1.6 Contactor

Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

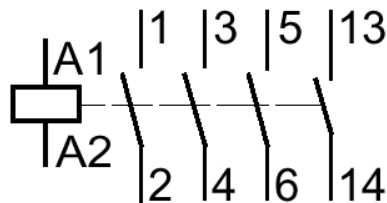


Imagen 3.6. Diagrama de Contactor

Fuente: Tomado de la web

Partes que lo componen:

- Contactos principales: (1-2, 3-4, 5-6): Tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia.
- Contactos auxiliares (13-14): Se emplean en el circuito de control. Por lo tanto soportarán menos intensidad que los contactos principales. El contactor de la imagen solo tiene uno que es normalmente abierto, pero también puede ser un contacto normalmente cerrado.
- Circuito electromagnético: Consta de tres partes:
 1. El núcleo (parte fija).
 2. La bobina: A1-A2.

3. La armadura (parte móvil).

Cuando se va a elegir un Contactor hay que tener en cuenta, entre otros factores, lo siguiente:

- Tensión de alimentación de la bobina: Esta puede ser continua o alterna, siendo esta última la más habitual.
- Número de veces que el circuito abre y cierra: Hay que tener en cuenta el arco eléctrico que se produce cada vez que esto ocurre y el consiguiente deterioro.
- Corriente que consume el motor de forma permanente (corriente de servicio). Es conveniente el uso de catálogos de fabricantes en los que se indican las distintas características de los Contactores en función del modelo.

3.1.7 Relé

Un relé es un interruptor que se acciona por medio de un electroimán. Es básicamente un contactor a menor escala.

Un electroimán está formado por una barra de hierro llamada núcleo, rodeada por una bobina. Al pasar una corriente eléctrica por esa bobina el núcleo se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, lo que lo convierte en un imán con una potencia proporcional a la intensidad de la corriente y al número de vueltas de la bobina.

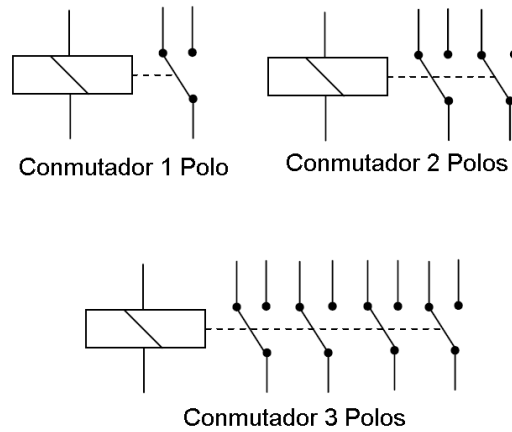


Imagen 3.7. Tipos de Relé Conmutador

Fuente: Tomado de la web

El relé estándar convencional funciona como un interruptor. Está formado por un contacto móvil (polo) y un contacto fijo. Pero también hay relés que funcionan como un conmutador, porque disponen de un polo y dos contactos fijos.

Cuando no pasa corriente por la bobina, el polo está unido a uno de los contactos fijos. En el momento que pasa corriente por la bobina, el núcleo empuja al contacto móvil hasta que toca al otro contacto fijo, trabajando así, como un conmutador.

También existen relés de más de un polo, lo cual los hace muy interesantes para los proyectos y aplicaciones más complejas.

3.1.8 Breaker

Dispositivo mecánico de protección de circuitos y equipos eléctricos. Consiste en un contacto de accionamiento manual que se desconecta, lo cual abre el circuito en los siguientes casos:

- Cortocircuito: En cualquier punto de la instalación.

- Sobrecarga: Cuando la intensidad consumida en un instante, supera la intensidad a la que está calibrada el magneto térmico.

Existen de distintos tamaños, montajes, capacidades, marcas que los hacen adaptarse a las condiciones que se requieran.

3.1.9 Fuente DC

También se le llama fuente de energía, o fuente de poder. Es el dispositivo capaz de convertir la corriente alterna en corriente directa para poder transmitir energía eléctrica a los distintos equipos electrónicos. Para lograrlo, aprovecha las utilidades de un rectificador de fusibles y de otros elementos que hacen posible la recepción de la electricidad y permiten regularla, filtrarla y adaptarla a los requerimientos específicos del equipo informático.

3.1.10 Transductor de Corriente

Es un elemento eléctrico capaz transformar o transferir una energía de entrada de gran valor a una de salida de menor valor. En este caso el dispositivo que se coloca alrededor de un conductor se ve afectado por el campo magnético del cable y genera una corriente secundaria de menor valor que tiene relación directa con el bobinado del transductor. Algunas relaciones de transformación muy usadas son:

3.1.11 Bornes

Es un elemento metálico de unión entre dos cables, que se conectan a cada extremo terminal, lo que genera un punto común a través del cuerpo metálico interno del elemento.

Se utilizan para transmitir energía eléctrica a lo largo de tramos seccionales de cable. Existen para distintos calibres y tipos de uniones, estas últimas usualmente son de ajuste roscado.

3.1.12 Sensor

Es un dispositivo capaz de detectar distintas magnitudes químicas o físicas y transformarlas a señales eléctricas. Los sensores pueden ser de tipo analógico (varían la señal eléctrica de acuerdo con el valor de la magnitud detectada) o digital (activa o desactiva la señal eléctrica).

Los sensores poseen niveles de resolución y de precisión que dependen de la tarea que deban realizar y el detalle que esta requiera.

En esta configuración se puede tener la opción de 2 097 150 redes de hasta 254 host, pues este número únicamente puede tomar valores de 1 a 254.

3.1.13 Categorías de utilización

Estas categorías son definidas por IEC Standards y se encarga de resumir los campos principales de aplicaciones para Contactores y Relés de corriente alterna y directa.

Su tarea es definir los parámetros de comportamiento normal de los equipos, además de las características para las que están hechos. Esta categorización depende de:

- La naturaleza del dispositivo o equipo a controlar (motores, resistencias, etc).
- Las condiciones en las que se efectúan las interrupciones de corriente y los cierres de contactos.

Tabla 3.3. De las categorías de utilización

Categoría de Empleo	Tipo de Aplicación
AC-1	Cargas no inductivas o ligeramente inductivas. Factor de potencia mayor o igual a 0,95 ($\cos \varphi \geq 0,95$).
AC-2	Motores de Anillos Deslizantes: Corriente de arranque 2.5 veces la corriente nominal. Voltaje nominal a la desconexión.
AC-3	Motores Jaula de ardilla: Corriente de arranque 5 a 7 veces la corriente nominal. Desconexión a motor lanzado, 20% del voltaje nominal a la desconexión.
AC-4	Motores Jaula de ardilla: Corriente de arranque 5 a 7 veces la corriente nominal. Frenado a contracorriente, voltaje nominal a la desconexión, Corriente 5 a 7 veces durante la desconexión. Apto para uso intermitente.
AC-5a	Conmutación de Lámpara de descarga.
AC-5b	Conmutación de Lámparas incandescentes.
AC-6a	Conmutación de transformadores.
AC-6b	Conmutación de bancos de condensadores.
AC-7a	Conmutación de cargas ligeramente inductivas en electrodomésticos, picadoras, licuadoras, etc.
AC-7b	Conmutación de cargas inductivas en electrodomésticos, ventiladores, aire acondicionados, refrigeradores, etc.

Fuente: Schneider Electric

3.1.14 Energía Solar Fotovoltaico

Consiste en energía solar que genera corriente continua por medio de semiconductores cuando estos son iluminados por medio de fotones.

A los elementos fotovoltaicos individuales se les llama Célula Solar, y son los encargados de generar la potencia eléctrica. Esta potencia será proporcional a la cantidad de luz que reciba cada célula solar.

Para incorporar este sistema a una red eléctrica de corriente alterna, se requiere un inversor (inverter) que tiene como propósito convertir la corriente directa generada por los paneles (conjunto de células solares) a corriente alterna con una misma frecuencia y tensión a la del sistema alimentado.

Dentro de las ventajas que posee este tipo de sistemas, es que consiste en energía limpia, renovable y silenciosa, y utilizándola de la mejor manera llega a ser

un gran complemento para todos los tipos de generación. Además, no posee partes móviles, por lo que su mantenimiento es prácticamente nulo.

Por otro lado, su punto negativo más crítico es que requiere de una gran inversión inicial, a la cual se le suma un difícil almacenamiento de la energía, lo que se presta para desperdicios o pérdida de energía.

3.1.15 Valor Actual Neto (VAN)

Se refiere a la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de beneficio y el valor actualizado de las inversiones y otros egresos de efectivo (Espinoza Gutiérrez, Jiménez Boulanger, & Fonseca Retana, 2007). La tasa utilizada para descontar los movimientos financieros es el rendimiento mínimo aceptable de la empresa, límite inferior para que un proyecto sea aceptado.

Si el VAN de un proyecto es positivo, la inversión es viable, y si es negativo ese proyecto deberá ser rechazado.

El VAN representa el valor que un proyecto añade a la empresa, este cambiará según varíe el costo de capital destinado para el descuento de los flujos de efectivo. Entre menor sea la tasa de descuento, mayor será el VAN.

3.1.16 Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

Se trata de la tasa de descuento que hace que el valor actual de flujos positivos sea igual a los valores actual de los flujos negativos (Espinoza Gutiérrez, Jiménez Boulanger, & Fonseca Retana, 2007). Es decir, es la tasa de descuento de un proyecto hasta llegarlo a cero.

3.2 Redes y Protocolos

3.2.1 Dirección IP

Esta dirección es un número que identifica a un equipo específico dentro de una red, este número puede ser modificado, pero no puede ser igual al del otro equipo que esté conectado a la misma red.

Se puede ajustar como una dirección fija (asignada por usuario, no varía) o una dirección dinámica. Esta última configuración lo que permite es que la red le asigne una dirección al equipo y se asegura de que no coincida con algún otro equipo.

Estas direcciones se conforman principalmente por cuatro bloques de números, pero antes de asignar una dirección se debe tener en cuenta la máscara de red. Esta indica si cada bloque representa la red o representa un host (dispositivo de red).

$255 . 255 . 255 . 0$ —→ Máscara de Red
red host

$192 . 168 . 1 . 5$ —→ Dirección IP
red host

Imagen 3.8. Interpretación de dirección IP

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 Ethernet

Ethernet es el protocolo por el cual se comunican las computadoras en un sistema local de red. Estas poseen una tarjeta NIC ("Network Interface Card") que les permite realizar la comunicación.

Ethernet como protocolo es considerado CSMA/CD ("Carrier Sense Multiple Acces Collision Detect"), lo cual significa que por su cable solo puede transmitirse una

sola señal a un punto determinado en el tiempo, esto es, si a un cable se encuentran conectados varios dispositivos, sólo una puede transmitir información a la vez, las demás deben esperar a que finalice la transmisión.

Ethernet también utiliza "Broadcast" o "Transmisión a todas las terminales", esto lo que significa es que cuando un equipo envía información, todos los dispositivos que estén en la red recibirán la misma información, pero únicamente el dispositivo con la dirección MAC especificada, acepta la información, mientras que las restantes la descartan.

Este protocolo cuenta con una conexión física y una inalámbrica, la conexión física consta de un cable coaxial o de fibra óptica mientras que la conexión inalámbrica se realiza por medio de Wi-fi.

Ethernet está asociado a los estándares IEEE 802.3 (Ethernet) y 802.11 (Wireless LAN). Actualmente Ethernet abarca alrededor del 80% mundialmente, es el número uno entre las redes LAN.

Ethernet está principalmente orientado para automatización de oficinas, procesamiento de datos distribuido y acceso de terminal que requieran de una conexión económica a un medio de comunicación local transportando tráfico a altas velocidades.

Algunas de las principales ventajas que poseen las redes Ethernet son:

- Rápida puesta en marcha gracias a su simplicidad de conexión.
- Permite ampliaciones sin dificultades o efectos negativos.
- Rendimiento de comunicación prácticamente ilimitado.
- Interconexión de las áreas más diversas, como oficina y fabricación.
- Comunicación a escala corporativa gracias a la posibilidad de acoplamiento por WAN (Wide Area Network) como RDSI o internet.
- Seguridad para las inversiones gracias a desarrollos y perfeccionamientos compatibles.

- Permite crear potentes redes de comunicación de gran extensión.

3.2.3 Red RS485

En esta técnica cada uno de los circuitos tiene dos conductores, sin una tierra en común. Los unos y ceros varían en función de la tensión entre ambos conductores. Esto permite alcanzar distancias de hasta 1200 metros, con velocidades de hasta 2 mega-baudios. Otra característica que favorece a la norma RS-485 es que permite que varios equipos se conecten al bus de comunicaciones.

Cada dato de información se establece con un bit de comienzo (start bit), seguido por un bit de paridad (parity bit), y uno o dos bits finales (stop bits).

Cuando se necesita transmitir a largas distancias o con más altas velocidades que RS-232, RS-485 es la solución. Utilizando enlaces con RS-485 no hay limitación a conectar tan solo dos dispositivos. Dependiendo de la distancia, velocidad de transmisión y los circuitos integrados que utilicemos, se pueden conectar hasta 32 nodos con un simple par de cables.

Dentro de las ventajas que posee este protocolo sobre otros semejantes se encuentran las siguientes:

- Bajo costo: Los Circuitos Integrados para recibir y transmitir son baratos y únicamente requieren una fuente de +5V para generar una diferencia mínima de 1.5v entre las salidas.
- Capacidad de interconexión: RS-485 es una interface multi-enlace con la capacidad de poder interconectar múltiples receptores y transmisores. Los enlaces con RS-485 tiene la capacidad máxima de integrar 256 nodos.
- Longitud de Enlace: se puede tener hasta 4000 pies de longitud.
- Rapidez: La razón de bits puede llegar a ser de 10 Mega bits/ segundo.

La razón por la cual RS-485 puede transmitir a largas distancias, es porque utiliza el balanceo de líneas. Sobre cada uno de los cables se encuentra un voltaje y en el otro está su complemento, de esta manera, el receptor responde a la diferencia entre voltajes.

La ventaja de las líneas balanceadas es la inmunidad ante el ruido.

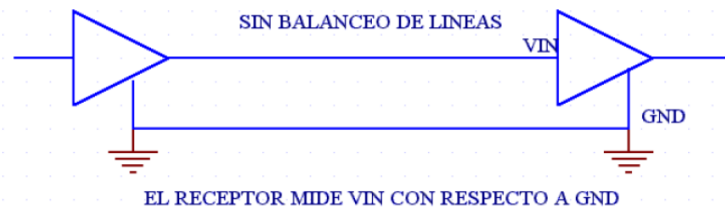


Imagen 3.9. Línea no Balanceada

Fuente: Normas de Comunicación en Serie

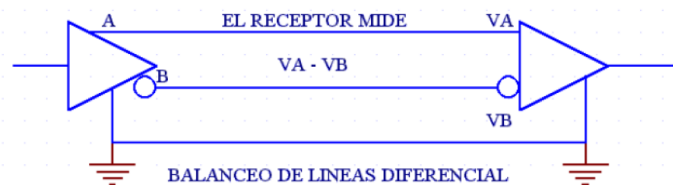


Imagen 3.10. Línea Balanceada

Fuente: Normas de Comunicación en Serie

3.2.4 Protocolo Modbus

Modbus es un protocolo de comunicación basado en una filosofía de maestro/esclavo, creado para lograr una comunicación entre dispositivos de automatización.

Dentro de sus características resaltan:

- Es público.
- Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo.

- Maneja bloques de datos sin suponer restricciones.

El equipo maestro debe ser un dispositivo capaz de recibir información de todos los esclavos o clientes y procesarla. A cada esclavo se le debe asignar un número que no puede ser asignado a otro equipo (# ID), esto con el motivo de poder identificar a cada dispositivo dentro de la red.

Para las distintas conexiones se cuenta con dos tipos de protocolos Modbus:

- Modbus TCP/IP: trabaja por medio de conexiones Ethernet, y requiere de las direcciones IP de los equipos involucrados.
- Modbus RTU: trabaja por medio de conexiones seriales.
- Modbus ASCII: trabaja por medio de caracteres.

3.2.5 .SCADA

Son las siglas de Supervisory Control And Data Acquisition (Control Supervisorio y Adquisición de Datos). Es una interface gráfica para la automatización industrial en el control, monitoreo y supervisión de procesos, es decir, es una integración de todos los elementos involucrados en un proceso, resumidos en una visualización gráfica capaz interactuar con el ser humano.

El sistema SCADA puede suministrar las siguientes funciones:

- Monitoreo: visualización de información en tiempo real.
- Control Supervisorio: monitoreo unido a la destreza operarios para tomar decisiones y cambiar los valores prefijados del proceso.
- Alarmas: reconocimiento de eventos imprevistos que inmediatamente serán reportados.
- Control: aplicación interna de algoritmos que ajustan los valores del proceso para mantener comportamientos establecidos, no requiere de interacción humana para ejecutar las acciones y tiene alta precisión.

- Generación de reportes: permite llevar orden y documentación con un historial del proceso que ayuda para la toma de decisiones.

Para lograr las actividades anteriores, los sistemas SCADA deben contar con una serie de partes o divisiones fundamentales para su correcta operación. A continuación se detalla cada una de estas.

- Unidad Terminal Maestra: Esta unidad principal se refiere al software y a los servidores responsables de comunicarse con los equipos de campo (instrumentos, medidores, PLCs y demás.). En un sistema SCADA pequeño, la Unidad Terminal Maestra puede contemplar únicamente un software o equipo, pero en un sistema SCADA a gran escala, la Unidad Terminal Maestra puede incluir muchos servidores, aplicaciones de software distribuido, y sitios de recuperación de desastres. Esta terminal ejecuta las acciones de mando (programadas) con base en los valores actuales de las variables medidas.
- Unidad Remota: se refiere a los dispositivos instalados en una posición remota que obtienen datos, los descifran en un formato y transmiten los datos de nuevo a una unidad terminal maestra (MTU). Estas unidades distribuidas en campo leen los datos de estado como la apertura de una válvula o un intercambiador, lee medidas como flujo, presión, corriente o voltaje, con el propósito de enviar señales que pueden controlar los dispositivos.
- Interfaz HMI: Software que se encarga de interactuar con el usuario/operario del sistema. Provee variables e información de control mediante gráficos, esquemas, pantallas y menús.
- Sistema de Comunicación: Proveen el canal de comunicación entre todos los equipos y la unidad principal (Unidad Terminal Maestra). Los sistemas de comunicación pueden implementarse sobre redes cableadas, fibra óptica, enlaces, entre otros.

4 DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

4.1 Instalación Eléctrica de la empresa

Para tener un panorama claro sobre los consumos y la energía de la cual se habla en el documento, se da a conocer el estado, comportamiento, consumo, planos y demás detalles de las instalaciones de Siesa; los cuales son relevantes para el desarrollo y entendimiento del proyecto.

4.1.1 Consumo

De primera entrada se debe conocer cuál es el consumo de cada uno de los equipos, así como definir cuáles son indispensables y cuales no afectan las actividades normales de la empresa, si se controlan por períodos de tiempo.

En la siguiente tabla se muestra una lista de algunos equipos dentro de la empresa que consumen más electricidad, se señala con (*) los que se toman en cuenta para el control automático.

Tabla 4.1. Consumo de Equipos eléctricos de Siesa.

Unidad	Cantidad	Marca	Modelo o descripción	Consumo Unitario	Consumo Total
Aire acondicionado 1	4	Lennox	LI012CO-230P432	800 W	3200 W
Aire acondicionado 4	1	Daikin	RKD71BVM	2600 W	2600 W
Aire acondicionado 5	1	Daikin	RKE35BVM	1000 W	1000 W
Aire ac Proyectos	1	Lennox	LI012CO-230P432	800 W	800 W
Aire acondicionado M	1	Daikin	3MKD75BVM	2000 W	2000 W
Aire servidores	1			1000 W	1000 W
Tubo Led	25	-	LED FY-T8-1200NX-6500K	18 W	450 W
Fluorescente Bodega A	20	-	F032/865 6500k	32 W	640 W
Fluorescente Bodega A	2	-	F72T12 Philips	56 W	112 W
Fluorescente Bodega A	2	-	F096/765/eco	59 W	118 W
Fluorescente Pasillos Bod	30	-	F28 T5	28 W	840 W
Bombillo baños	9			50 W	450 W
Refrigeradora	1			150 W	150 W
Microondas	2			1200 W	2400 W

Iluminación Entrada	2			100 W	200 W
Motor elevador	1			500 W	500 W
Motor portón	1			500 W	500 W
Secador de manos	3			1800 W	5400 W
Ventilador Bodega	1			500 W	500 W
Servidores	1			500 W	500 W
Tomas corrientes	1			1000 W	1000 W

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior las unidades de aire acondicionado son las principales cargas para controlar. Primero porque son los equipos que mayor energía consumen, por lo tanto son los que afectan mayormente en un plan de ahorro; segundo, porque por defecto son equipos que están hechos para ser controlados a gusto del usuario y al no utilizarse correctamente se incurre en gastos innecesarios de energía y por ende monetarios.

4.1.2 Distribución

Esta es una pequeña representación de la distribución de centros de carga y tableros que se encuentran en Siesa, previo al inicio de este proyecto. Se identifica en color verde el tablero que será intervenido para la elaboración de este proyecto. Esta distribución no varía con la elaboración del mismo, únicamente será intervenido el tablero de control de luces y una pequeña incorporación de equipos en el tablero de aires acondicionados y el tablero de contenedores.

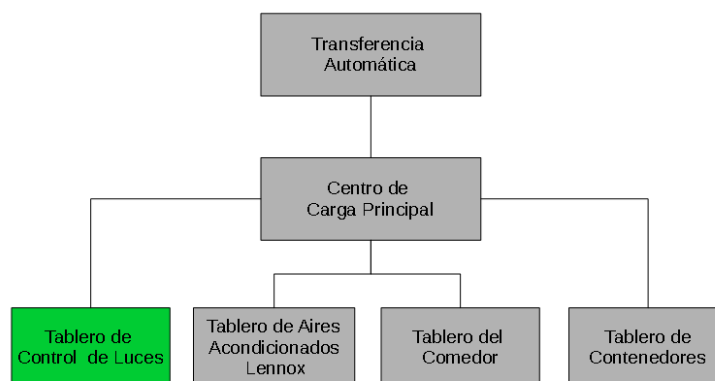


Imagen 4.1. Distribución de centros de carga

Fuente: Elaboración Propia

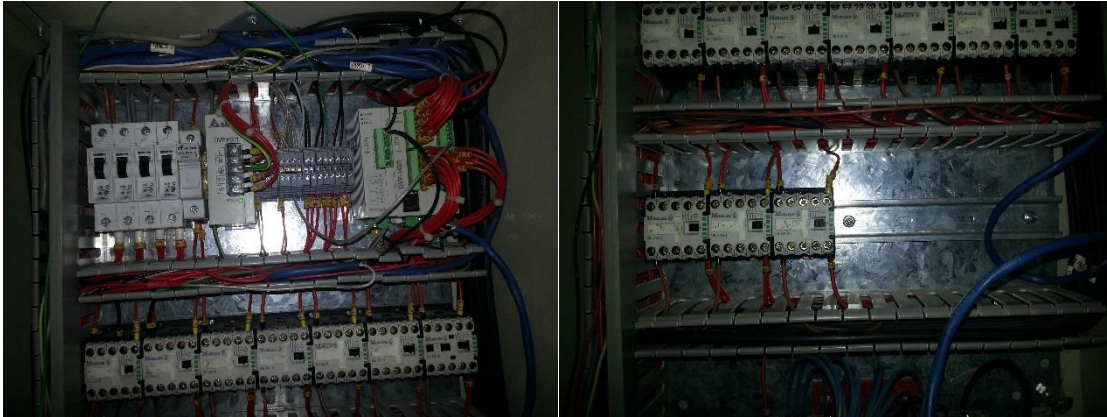


Imagen 4.2. Distribución anterior del tablero de control

La transferencia automática es un sistema que se activa cuando se interrumpe la energía proveniente de la compañía del servicio eléctrico. Esta habilita un generador de diésel para abastecer la carga eléctrica de la empresa. Dentro de este tablero se encuentra el medidor de energía que será parte importante dentro del desarrollo de este proyecto.

En el caso de las luminarias y toma corrientes principales de las instalaciones, se encuentran distribuidas en circuitos independientes del centro de carga principal.

4.1.3 Generación

Siesa cuenta con un sistema de generación por medio de paneles solares fotovoltaicos, este es un sistema complementario a la entrada de energía desde la red pública (en este caso red de CNFL). Esta autogeneración representa poco menos del 50% del consumo total de las instalaciones.

Tabla 4.2. Equipos que conforman el sistema fotovoltaico

Equipo	Cantidad	Modelo
Módulos (paneles)	27	Perlight PLMP 280
Inverter	1	PVI6500
Gateway	1	Solrenview

Fuente: Realización propia

El sistema de generación solar está compuesto por varios módulos conectados en paralelo. Este posee celdas receptoras encargadas de convertir la luz solar en

corriente directa y un sistema convertidor de corriente directa a corriente alterna (inverter), en el mejor de los casos, este entregaría 6500 Watt.

Además cuenta con un dispositivo Gateway para el monitoreo, que se conecta a internet para hacer una base de datos con gráficos de toda la información de la generación desde su instalación.

El inverter y el Gateway se encuentran en un cuarto de tableros que tiene la empresa y los paneles se encuentran ubicados sobre el techo de la bodega. Estos 3 equipos son de la marca Solectria.



Imagen 4.3. Paneles solares en Siesa



Imagen 4.4. Inverter PVI 6500

Este equipo, al trabajar con energía solar, tiene un comportamiento muy variable a lo largo del día y depende mucho de las condiciones ambientales y atmosféricas. La generación se ve afectada principalmente por la nubosidad que interrumpe el paso de radiación hacia los paneles y también por la posición del sol, por estos motivos esos 6500 W máximos son difíciles de alcanzar.

A continuación, se muestran gráficos comparativos de la potencia diaria generada para un día óptimo y un día muy nuboso; así como, una muestra del comportamiento promedio en seis meses.

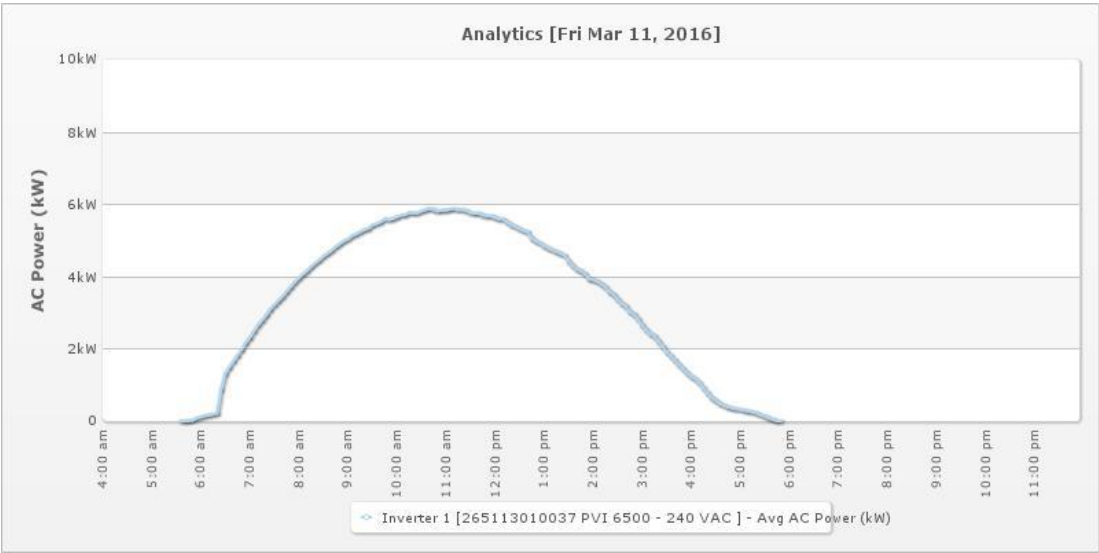


Gráfico 4.1. Comportamiento diario ideal de generación de energía

Fuente: Solrenview-Siesa

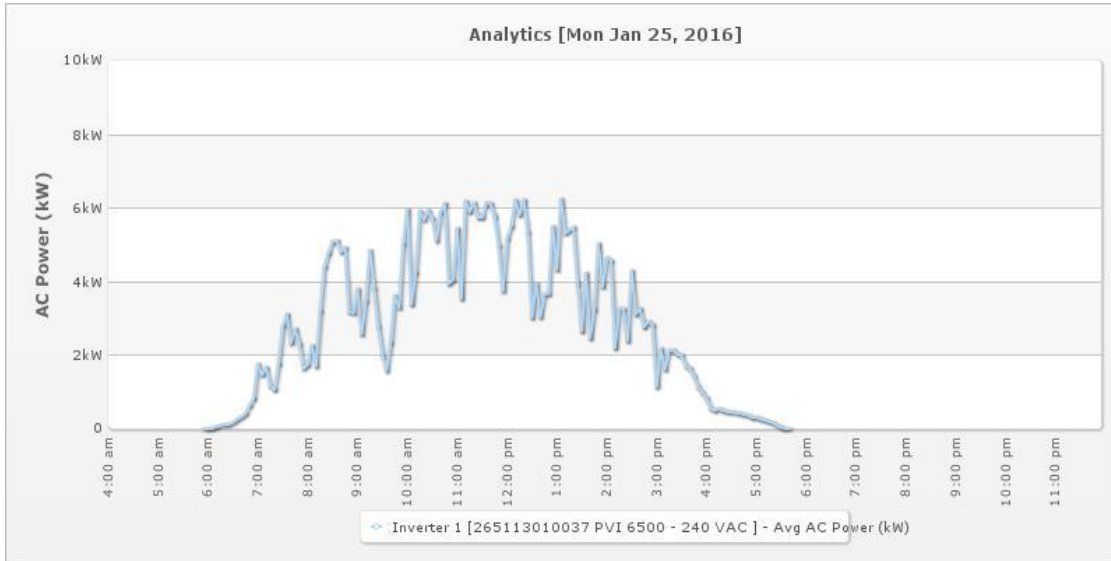


Gráfico 4.2. Comportamiento diario de generación de energía en un día nublado

Fuente: Solrenview-Siesa

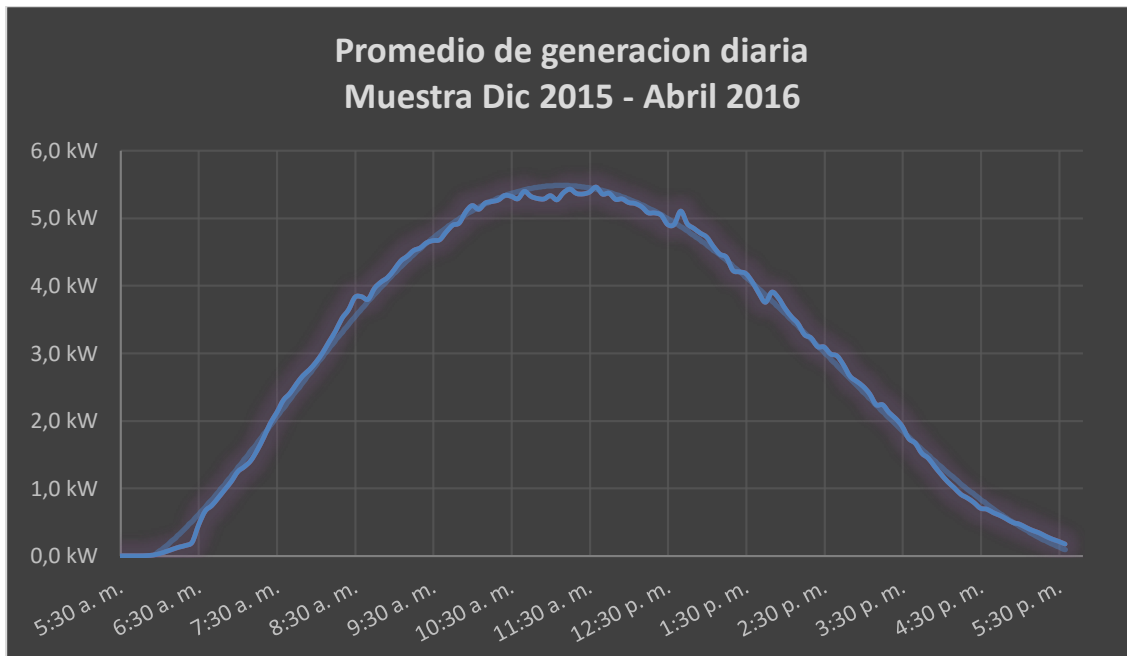


Gráfico 4.3. Comportamiento diario de generación de energía en un día nublado

Datos: Solrenview, Elaboración: propia

Este sistema al ser tan variable solo puede abastecer la carga total de las instalaciones en periodos cortos de tiempo. Esto sucede normalmente entre las 10:30 a.m. y 12:00 md, mientras que para el resto del día funciona como un complemento a la red de la CNFL.

Cabe destacar que en los períodos en los cuales la generación solar es mayor que el consumo, la diferencia de energía se entrega a la red, y al no haber un decreto formal en el país sobre la autogeneración, se podría decir que esa energía se le está entregando de manera gratuita a la compañía de servicios. Lo que se considera como una pérdida de recursos de la empresa.

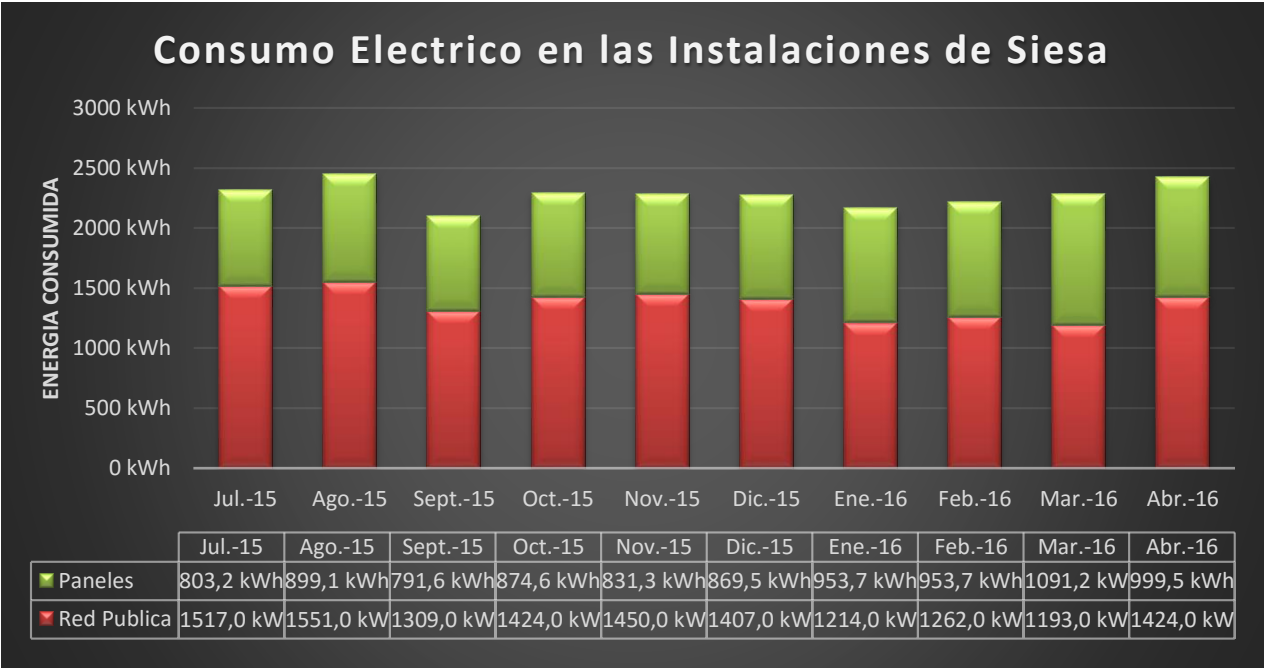


Gráfico 4.4. Consumo mensual de las instalaciones de Siesa

Datos: Solrenview y CNFL, Elaboración: propia

En el gráfico se observa un comportamiento mensual de ambas fuentes de energía y sus influencias en el consumo total de las instalaciones.

Aquí se contempla el consumo según la factura eléctrica, más un 91,2% de la generación, este porcentaje se debe a la diferencia entre generación y consumo que se menciona anteriormente. El 8,8% restante de la generación corresponde a

la energía cedida a la CNFL, por lo tanto no se toma en cuenta en el consumo de las instalaciones. Más adelante se hablará cuanto representan estos porcentajes en cifras monetarias.

A continuación se muestra una tabla que resume la situación de la empresa antes de implementar el proyecto de control de cargas.

Tabla 4.3. Valores promedio del consumo y generación en Siesa.

PARÁMETROS PROMEDIO	VALOR
Generación Diaria	37,1 kWh
% Consumido del total de generación	91,7%
Generación Mensual	988,8 kWh
Consumo mensual desde panel	906,7 kWh
Consumo Mensual factura CNFL	1375,1 kWh
Consumo Mensual según Medidor	1316,2 kWh
% generado (del consumo total)	39,8%
% de red (del consumo total)	60,2%

Fuente: Elaboración propia

Con este proyecto, se busca disminuir ese consumo desde la red y aprovechar al máximo la autogeneración, que a su vez ayudaría a disminuir esos períodos de desperdicio de la energía generada.

Esta tabla y el gráfico anterior serán analizados posteriormente en el apartado 4.7 para determinar cuánto representan monetariamente.

4.1.4 Consumo, facturación y Red Pública

Como control de monitoreo, la empresa posee un medidor de energía Archmeter PA3000 capaz de hacer mediciones bidireccionales (energía que entra y energía que sale), principalmente para comparar y monitorear el comportamiento actual más detalladamente. Esto debido a que el medidor de la compañía de servicio eléctrico no especifica datos como: factor de potencia, corriente y potencias – activa y real– por cada línea, entre otros.



Imagen 4.5. Medidor Archmeter PA3000

Este medidor marca Archmeter es capaz de hacer un resumen de valores mínimos y máximos de períodos anteriores y actuales mostrando potencia, demanda, corriente, tensión junto al día u hora en que se dio tal situación límite.

Un punto importante para este proyecto es que el equipo cuenta con conexión según los tipos de redes (Ethernet y Modbus), esto ayuda a enlazar otros equipos y así integrarse en el sistema de control como un equipo total de lectura.

El equipo necesita conexión con transductores de corriente en los cables de entrada (puede ser hasta 3 fases) y una conexión en paralelo con las líneas que se quieran medir, para este caso se trata de una red monofásica de 220v.

Como parte del proyecto se realiza un análisis económico sobre la factibilidad y el ahorro monetario que se generaría al implementarlo. Para esto se debe analizar y entender cómo trabajan las tarifas eléctricas, en este caso, de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) y así tener un panorama completo y claro del dinero que se ahorraría.

Este análisis se realiza detalladamente en el apartado 4.7 de este documento.

La CNFL cuenta con tres tarifas distintas: Residencial, Comercial e Industrial. Cada una cuenta con distintas opciones de servicios y varían cada seis meses. Para el caso de Siesa se cuenta con la tarifa general, que se resume en la siguiente tabla.

Tabla 4.4. Tarifa Comercial General (I periodo 2016)

Menor a 3000 kWh	Mínimo 30 kWh		₡3.520,00
	Adicional		₡117,34
Mayor a 3000 kWh	Energía	Primeros 3000 o menos	₡211.920,00
		kWh adicional	₡70,64
	Demanda	Primeros 8 kW o menos	₡88.470,00
		kW adicional	₡11.058,75

Fuente: CNFL

Además del cobro por consumo, se cobra un porcentaje de impuestos y bomberos y un monto fijo por cada kWh consumido.

Tabla 4.5. Cargos extras del servicio eléctrico (I periodo 2016)

Alumbrado Público (por cada kWh consumido)	₡3,44
Bomberos - Monto Energía (en colones) x 1,75%	1,75%
Impuesto de Ventas	13,00%

Fuente: CNFL

Como se observa en el *Gráfico 4.4. Consumo mensual de las instalaciones de Siesa*, el consumo total mensual de las instalaciones de Siesa no supera los 3000 kWh, por lo que no se le cobra demanda, únicamente se cobra la tarifa mínima y la energía adicional después de esos 30 kWh, junto a los cargos extras.

Además de ese total, únicamente un porcentaje es cobrado por CNFL, pues, según como se explica anteriormente, el resto proviene del sistema de paneles solares.

En los casos cuando la energía de la red pública es interrumpida, la energía necesaria para las instalaciones es suplida únicamente por un generador diésel. La autogeneración no es contemplada en estas circunstancias.

Además, los equipos de mayor importancia como los servidores, equipos de acceso a internet y las computadoras están respaldadas por equipos UPS.

4.2 Puntos de Ahorro

4.2.1 Balanceo de Líneas

El balanceo de las líneas es importante para prevenir que en ciertas condiciones se desvíe la energía generada por el panel hacia la red.

El inverter del panel solar tiene una salida a 240v y entrega por cada línea siempre exactamente la mitad de la energía. Entonces, al tener cargas mal distribuidas sobre ambas líneas, una de estas estará más sobrecargada que la otra, lo que causaría que en ocasiones una línea esté consumiendo energía mientras que la otra esté entregando energía a la red pública, cuando esa energía “regalada” puede estarse aprovechando para el consumo propio.



Imagen 4.6. Líneas desbalanceadas, vista de medidor PA3000

Para lograr balancear al máximo las cargas, se analizaron los distintos circuitos de cargas fijas instaladas en el centro de carga y se trasladó un par de circuitos de una línea a otra.

Este balanceo equivale a un pequeño porcentaje de ahorro; sin embargo este proyecto busca aprovechar cualquier opción de ahorro, por lo que es válido este

cambio. Además, este cambio no representa ningún costo monetario para el desarrollo del plan.

Más adelante en el capítulo 4.7 se detalla el impacto económico que genera este balanceo de cargas en los cálculos teóricos.

4.2.1 Control de Luces de Bodega

Inicialmente la bodega contaba con un sistema de control para el encendido y apagado de luces. Cada uno de los siete pasillos (10m de longitud) tenía un sensor de movimiento en la entrada que encendía la luz por 90 segundos. El resto de las luces de la bodega eran controladas por dos botoneras.

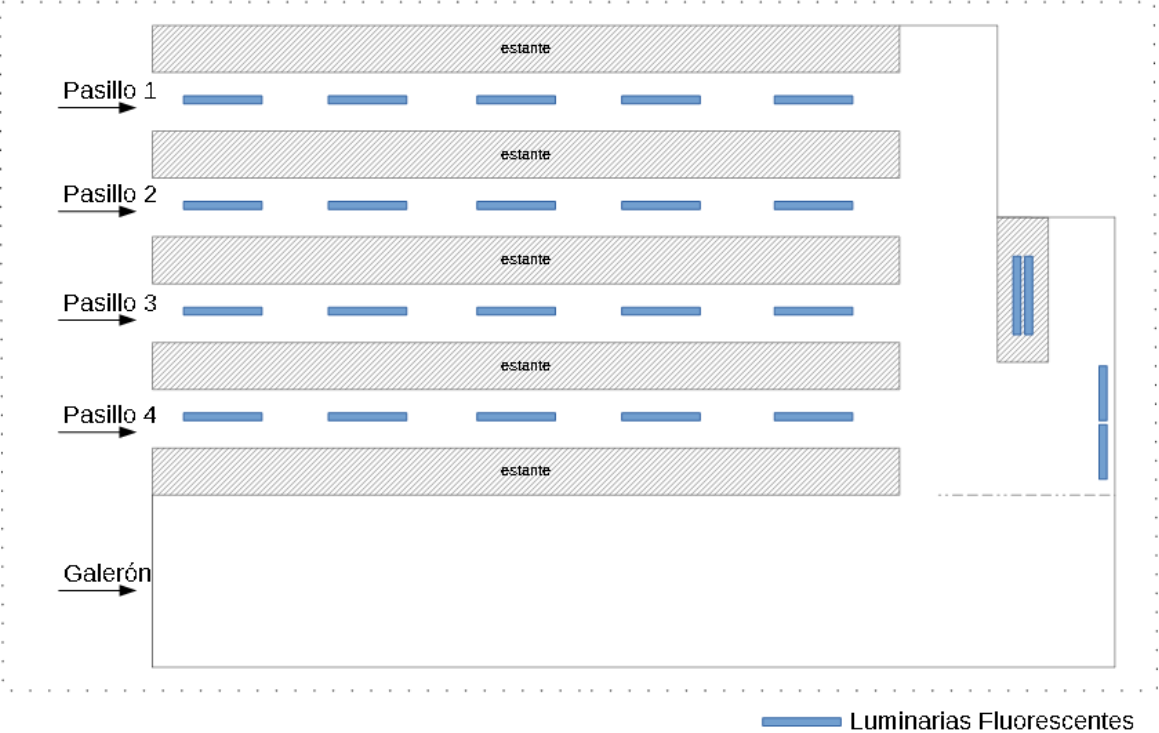


Imagen 4.7. Distribución de Luminarias de Bodega (Primer piso)

Fuente: Elaboración propia

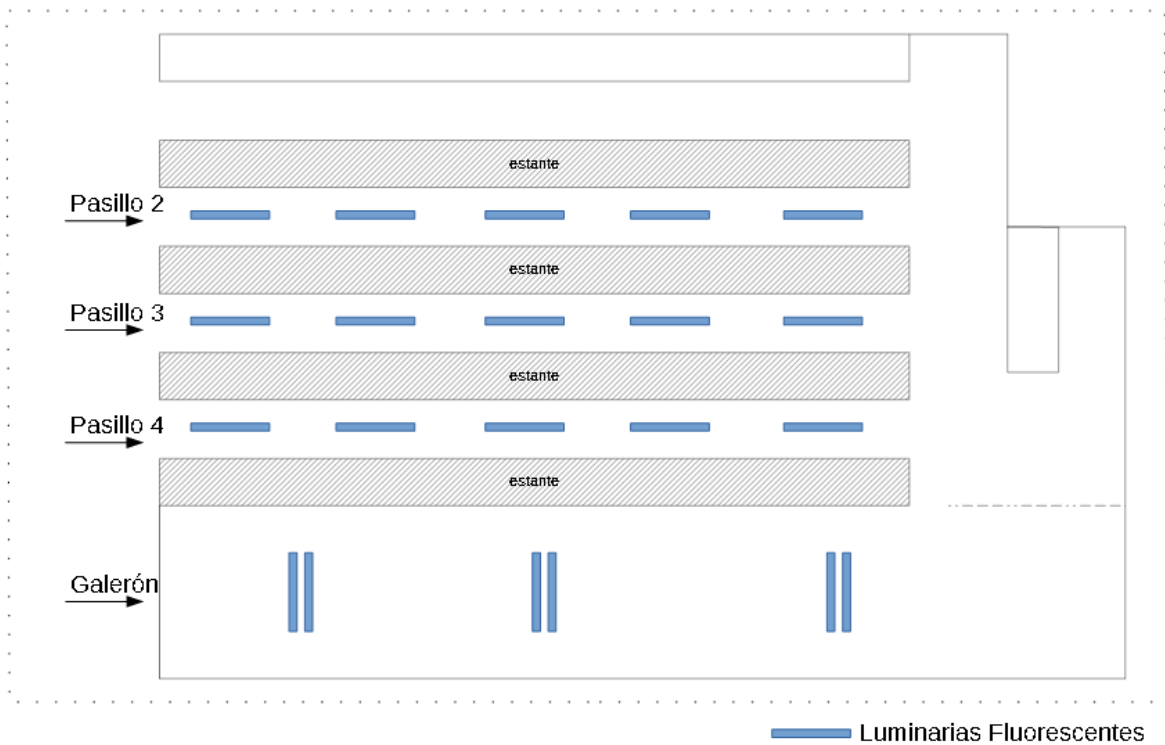


Imagen 4.8. Distribución de Luminarias de Bodega (Segundo piso)

Fuente: Elaboración propia

Todo el comportamiento de estas luces era controlado por un PLC y contactores en un tablero instalado previamente para este fin.

Para comodidad y facilidad de los empleados en la bodega y además como una ayuda al ahorro energético se decide cambiar y mejorar el comportamiento de estas luminarias al agregar y cambiar algunos equipos. A continuación se muestran los puntos más importantes en los que se basa este cambio.

4.2.1.1 Longitud de Sensado

Uno de los principales problemas con el sistema anterior, es que el sensor no abarcaba toda la longitud del pasillo (10 metros), por lo que si una persona se encontraba al final del pasillo y se cumplía el tiempo de encendido, esta persona debía caminar hasta el centro del pasillo para poder ser detectado por el sensor y encender de nuevo las luces.

Además estos sensores no son muy sensibles al movimiento, por lo que en ocasiones había que moverse bastante para ser captado.

Como solución para el primer piso que es el de mayor tránsito, se decidió remplazar los sensores por un sensor nuevo que ingresó recientemente al *stock* de la empresa. Esto, además de abarcar toda el área de trabajo, tiene la posibilidad de ajustar la sensibilidad al movimiento, retardo de apagado y ajuste crepuscular (luminosidad), por lo que no dependerá del PLC para su operación.

4.2.1.1 Retardo de apagado

Los sensores, tanto el anterior como el que se implementará, trabajan bajo la misma idea de operación: al detectar movimiento se activan la luz y un tiempo de retardo de apagado.

Los sensores anteriores tenían una sensibilidad muy baja, por lo que se programó un tiempo de 90 segundos de retardo, el cual se consideró como tiempo promedio de estadía dentro del pasillo. Sin embargo cuando los empleados salían del pasillo eran detectados nuevamente, lo que ocasionaba que la luz se mantuviera encendida por 90 segundos más, sin ser necesaria.

Lo anterior estaba representando un gasto adicional, el cual se puede evitar con la aplicación de los nuevos sensores. Estos, al ser más sensibles al movimiento, permite programarse con un tiempo más corto, por lo tanto cualquier leve movimiento mantendrá encendido la luz y una vez que la persona deja el pasillo libre durará unos leves segundos en apagarse.

Por ejemplo: anteriormente si una persona ingresaba al pasillo únicamente por 20 segundos, la luz permanecía encendida por 70 segundos más. En el nuevo sistema, cuando la persona sale del área de pasillo, la luz permanecerá encendida únicamente el tiempo ajustado (puede ser 5 ó 10 segundos). Esto facilitaría el trabajo del personal que usualmente ingresa y sale con las manos ocupadas.

Para el caso del segundo piso, en el cual no hay tanto movimiento, se decidió duplicar la cantidad de sensores para abarcar toda la longitud de los pasillos, utilizando los sensores remplazados del primer piso.

Al ser poco transitados, estos pasillos no son críticos para el ahorro energético, pero aun así se realizó una modificación en el retardo del tiempo al apagarse, pues ahora que el sensado abarca todo el pasillo se puede simular el comportamiento de los sensores nuevos (sensores del piso 1).

4.2.1.2 Aprovechamiento de Luz Natural

Los tres pasillos del segundo piso están ubicados exactamente encima de los tres primeros pasillos del primer piso, siendo el techo de los pasillos de abajo una reja metálica que deja pasar la luz desde el piso de arriba.

El techo de la bodega cuenta con láminas “tragaluz” que permiten el paso de la luz natural directamente sobre los pasillos del segundo piso y un poco menos directo sobre el primer piso.

Prácticamente durante todo el período laboral, el nivel de luz que incide sobre el segundo piso cumple con los estándares de 200 Lux según (Solis Arias, 2010) para un área de bodega. Anteriormente las luces igualmente se encendían al detectar movimiento, pero sin generar efecto alguno sobre la luz total, por lo tanto se decidió incorporar un sensor crepuscular que le indica al PLC cuando hay suficiente nivel de luz y así no encender las luces de los pasillos del segundo piso.

Para el caso de los pasillos del primer piso, no habrá control por parte del PLC, pues los sensores nuevos tienen incorporado un ajuste de nivel de lux que permitirá ajustar un nivel de luz mínimo individual para cada área.

4.2.2 Control de Aires Acondicionados

Los aires acondicionados son unidades que están regularmente cambiando su modo de operación debido a que es un dispositivo de manipulación constante, por lo tanto su consumo es variable.

Esta manipulación a gusto del usuario normalmente no se realiza de la mejor manera, pues estas unidades están hechas para adaptar una temperatura al confort de las personas, la cual corresponde a unos 25 o 26°C.

Los gastos generados por el desperdicio de energía se deben a tres razones. La primera, es cuando las unidades de aire acondicionado son manipuladas constantemente por los empleados, sin moderación o conciencia del confort de las demás personas.

La segunda, es el exceso de uso en horas que no son requeridas, ya sea porque no hay nadie en la habitación o porque no es necesario el aire para mantener la temperatura de confort.

Por último, cuando los equipos operan a temperaturas muy bajas, recargan su trabajo. Esto ocasiona que por la disminución de un grado en la unidad se aumente un 8% en el trabajo del aire y del consumo eléctrico.

La conexión y desconexión de las unidades de aire acondicionado se realizarán mediante una interrupción total de la unidad externa (condensador) que a su vez alimenta el evaporador (unidad interna). Para el caso de la única unidad multi-inverter (un condensador, tres evaporadores) las tres unidades internas tendrán el mismo comportamiento.

La conexión y desconexión de los aires acondicionados se hará interrumpiendo sus cables de alimentación con contactores que se encargarán de abrir y cerrar sus contactos únicamente cuando el PLC mande la señal a la respectiva bobina.

Esta parte del control de cargas es la más importante de todo el sistema, esto debido a que los aires acondicionados son las unidades de mayor consumo en todas las instalaciones y además cuentan con nueve unidades, lo cual lo hace aún más considerable para la factura mensual del servicio eléctrico.

Debido a las razones ya mencionadas, se decidió elaborar un sistema que controle las cargas por dos métodos distintos que se mencionan a continuación:

4.2.2.1 Control por Consumo-Generación.

Para este método se utilizará como dependencia, la generación de energía que suplen los paneles solares.

Con un consumo promedio de las instalaciones de 8 kW y una generación de más de 4,5 kW en los períodos de este método de control, se decidió mantener siempre una diferencia [1000, 2000] W entre la energía generada y la proveniente de la red.

En caso de que esa diferencia sea menor, el sistema empieza estratégicamente a desconectar los aires, hasta el punto que la condición se estabilice y alcance el rango aceptable.

Por ejemplo, para un consumo de 8kW, el valor de parámetros reales son 5kw de generación y 3kW de la red pública. Al haber una diferencia de 2kW, el sistema apagaría cargas hasta alcanzar ese kW de diferencia.

En muchas ocasiones los consumos varían rápidamente en cuestión de segundos, por lo tanto, para evitar que el apagado y encendido de las unidades se comporte igual, se establece un tiempo prudente de 5 minutos para el análisis de la condición.

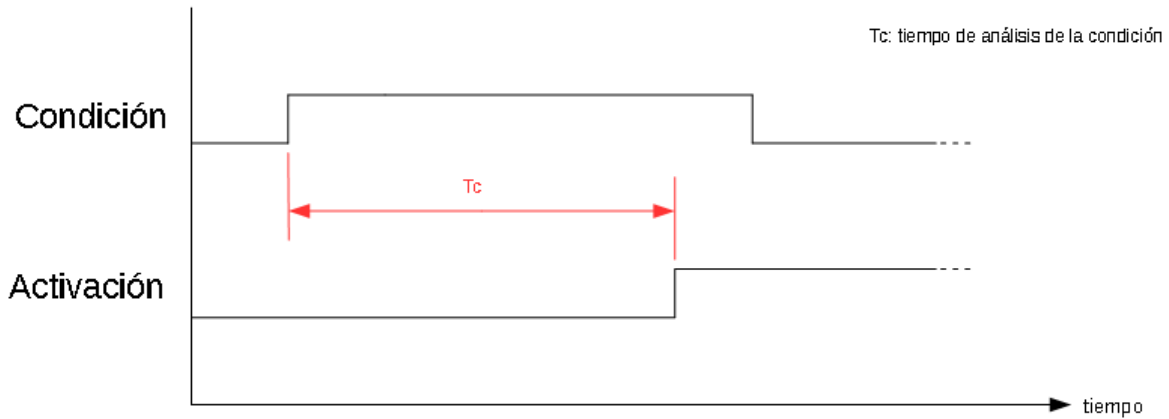


Imagen 4.9. Análisis de carga en el método de consumos.

Fuente: Elaboración propia

El cerebro del sistema (PLC) está enlazado con el medidor de energía y el inverter del panel solar, para así extraer los datos de cada uno y tomar decisiones sobre el comportamiento de los aires acondicionados.

Para el orden o prioridad de desconexión de los equipos, se toma en cuenta el tiempo y tamaño de la habitación, así como la cantidad de personas en ella. En este caso se decide una prioridad de la siguiente manera.

Tabla 4.6. Unidades de Aire Acondicionado de Siesa.

Prioridad	ID Condensador	Área de Trabajo (Evaporador)
1	Daikin M1	Oficina del Presidente
		Oficina Contaduría
		Unidad 1 - departamento de ventas
2	Lennox 3	Recurso Humanos y TI
3	Lennox 1	Oficina Gerente Administrativo
4	Lennox 2	Oficina Gerente General
5	Lennox 4	Departamento de Proyectos
6	Daikin 1	Unidad 2 - departamento de ventas
X*	Daikin 2	Sala de Reuniones

Fuente: Elaboración propia

X*: aire acondicionado no será controlado bajo este rubro

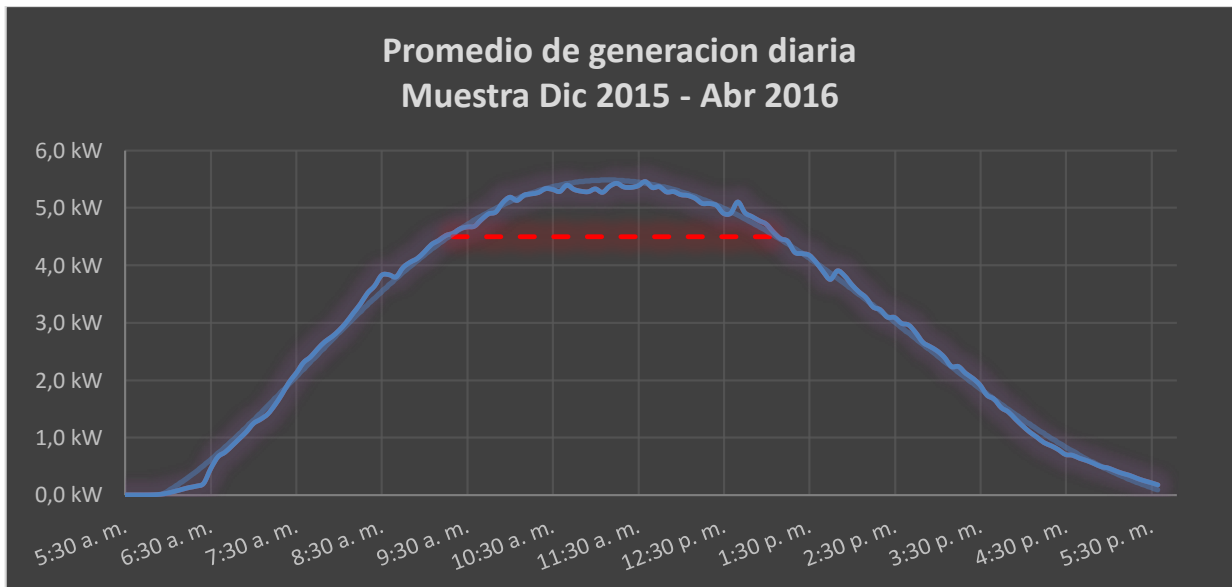


Gráfico 4.5. Periodo punta en la generación de paneles solares en Siesa.

Datos: Solrenview, Elaboración: propia

Al analizar el gráfico del comportamiento de la generación, se observa que las horas de mayor aprovechamiento son entre las 9:30 a.m. y la 1:00 p.m. Este

período corresponde a las horas más calientes del día, por lo tanto son las de mayor generación, lo que permite un uso de las unidades de aires acondicionados con el mayor aprovechamiento de la energía autogenerada.

4.2.2.2 Control por temperatura

Este método de temperatura funciona para los períodos de tiempo en los que no actúa el de consumo, es decir de 5 a.m. a 9:30 a.m. y de 1 p.m. a 5 p.m.

En ocasiones, al ingresar a las instalaciones de Siesa se percibe un ambiente frío, esto debido a que la mayoría del tiempo el personal manipula el equipo ajustándolo a temperaturas muy bajas y en su máxima potencia.

El problema se encuentra en que una vez que se alcanza una temperatura razonable (confort) no se vuelve a ajustar el equipo a una condición normal, por lo que permanece encendido en condiciones extremas durante toda la jornada laboral y por lo tanto se genera un gasto de energía.

Para evitar que los aires funcionen a horas o momentos del día en que no son necesarios, se plantea la idea de monitorear la temperatura de las distintas habitaciones por medio de sensores. De esta manera, habilitar y deshabilitar el equipo de aire acondicionado y mantener una temperatura de confort constante durante las horas laborales.

Este método, al igual que el anterior, contempla un tiempo prudente de análisis de condición antes de tomar la decisión de conectar o desconectar el equipo; al depender de un dispositivo tan variable como un sensor se evita un apagado y encendido muy repetitivo durante el día.

El monitoreo de los datos es realizado por el PLC, el cual está conectado con cada uno de los equipos involucrados para el procesamiento y toma de los datos de temperatura de las habitaciones.

En cada habitación donde hay aires acondicionados se instala un dispositivo de sensado de temperatura, el cual le indicará al sistema de control que habilite la unidad al detectar una temperatura de 26°C y que la deshabilite al alcanzar los 24°C.

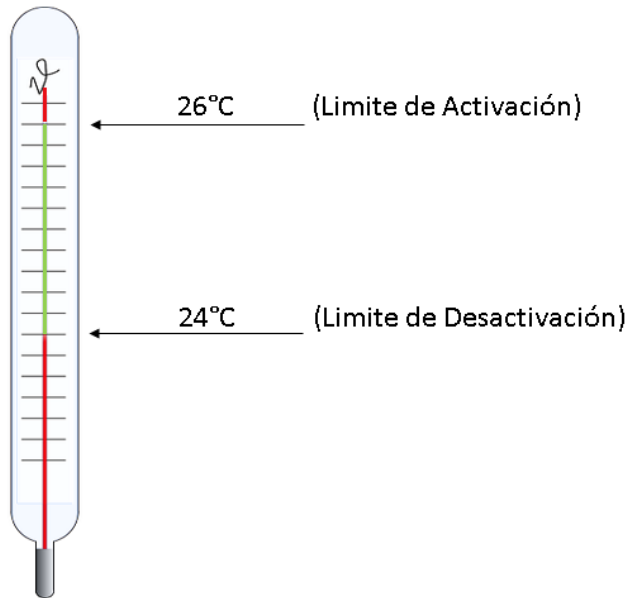


Imagen 4.10. Análisis de carga en el método de control por temperatura.

Cabe destacar que el sistema contempla los días en los que no se labora, como fines de semana y feriados. Esto para evitar que los aires acondicionados se enciendan en esos días, de todas maneras está la opción de encenderlos manualmente si se diera el caso de necesitarlos alguno de esos días.

Este tipo de consideraciones se analizará más adelante cuando se explique la programación del PLC y la pantalla HMI.

4.3 Selección de equipos

Para la elaboración de este proyecto y la construcción del tablero de control, se requiere de diversos equipos tanto de análisis, control, operación y medición, así como de materiales de montaje.

En la siguiente tabla, se muestra detalladamente la lista completa de todos los materiales nuevos requeridos para la implementación de este proyecto.

Tabla 4.7. Lista de Equipos necesarios para el proyecto

Equipo	Cantidad
Contactor CHINT NCH8-20	4
Módulo análogo DELTA DVP04PT	1
Modulo I/O DELTA DVP16SP-11R	1
Sensor de temperatura PT100	5
PLC DELTA DVP12SE-11R	1
Módulo de temperatura DTB4834	1
Sensor de pasillo FINDER 18.41	4
Cable para PT100	150
Cable 2x4mm (potencia)	170
Cable 2x1.5mm (control)	120
Cable Ethernet	1
Switch Ethernet	0
Pantalla HMI KINCO MT4220TE	1
Fuente 24v para pantalla	0
Breaker 2p/20A CHINT (aires)	3
Breaker 2p/32A CHINT (principal)	1
Breaker 2p/10A CHINT (control)	1
Gabinete Metálico 700x500mm	1
Ducto 40mm	1
Ducto 25mm	1
Borne 2.5mm	10
Tapa borne	2
Jumper 2.5	2
Riel DIN	1
Terminal pin hueco 1.5mm	50

Terminal pin hueco 4mm	30
Terminal pin hueco 2x4mm	10
Borne Repartidor LINKWELL LK 80A	0
Borne Repartidor LINKWELL LK125A	2
Interruptor Crepuscular FINDER 11.91	1

4.3.1 Características de equipos seleccionados

Para comprender el porqué de la selección de cada equipo, se analizan algunos de los dispositivos más óptimos para trabajar en conjunto con los equipos ya instalados (como el medidor de energía y el inverter de los paneles solares).

A continuación se muestran algunos de los equipos que estaban instalados inicialmente:

- Fuente: Delta DVPS01
- PLC: DVP14SS (este será sustituido).
- Modulo entrada análoga: DTC1000 (este será descartado).
- Sensor de intensidad luminosa: Fotodiodo (este será descartado).
- Sensores de movimiento:
- Contactores: Moeller DILEM-01
- Breakers: Siemens 5sx21-c10
- Fusible: DF PMF10x38 - 690V - 32^a

4.3.1.1 PANTALLA HMI

Kinco- MT4220TE



Imagen 4.11. Pantalla HMI Marca: Kinco, Modelo: MT4220TE

- Display: 4,3"
- Resolución: 480 x 272 pixeles
- Procesador: 32 bit RISC CPU 800MHz
- Memoria: 128M FLASH + 64m SDRAM
- Memoria expandible: 1 usb host 1 tarjeta SD
- Puertos: serial, usb, Ethernet
- Puerto COM:RS-232, RS-485
- Alimentación: 24Vdc
- Peso: 0,34 kg
- Grado de protección: IP65

4.3.1.2 Contactores

En el caso de los contactores para el control de luces, se van a mantener los que ya estaban instalados (Moeller DILEM-01); mientras que para los contactores que habilitarán los aires acondicionados, se seleccionó un NCH8 20 marca Chint para cada uno.

Este último cumple con las características requeridas de un precio razonable y un tamaño compacto para reacomodar el tablero de la mejor manera. Las especificaciones de cada uno se muestran a continuación.

Moeller- DILEM 01



Imagen 4.12. Contactor Marca: Moeller-Eaton, Modelo: DILEM-01

- 3 polos, con terminales de contacto auxiliar
- 230v(50Hz) - 240v(60Hz)
- Montajes: riel DIN y panel
- Máximo voltaje de operación - 690VAC
- Corriente de switch AC1 - 20A
- Voltaje max de Bobina AC - 240V
- Categoría de utilización: AC-1, AC-2, AC-3, AC-4

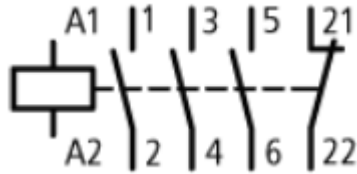


Imagen 4.13. Secuencia del contacto del DILEM-01

CHINT- NCH8 20



Imagen 4.14. Contactor Marca: Chint, Modelo: NCH8 20

- 2 polos
- Voltaje: 230v
- Frecuencia: 50Hz-60Hz
- Montajes: riel DIN y panel
- Standard: IEC/EN 61095
- Categoría de utilización: AC-1, AC-7a, AC-7b
- Máxima corriente de operación: 20 A
- Corriente de switch AC1 - 20A
- Voltaje max de Bobina AC - 240V
- Voltaje de Bobina DC – Nulo
- Potencia de switch AC3 4kW
- Corriente de switch AC3 9^a

4.3.1.3 Breakers

Por cuestiones de mantenimiento y seguridad, se instalará un breaker principal que alimentará los equipos de tablero, así como un breaker para cada uno de los equipos de potencia externos al tablero que estén conectados a los contactores. Para este caso únicamente se tomarán en cuenta tres unidades de aires acondicionados.

Además se incluirá un breaker para que trabaje únicamente con las bobinas de los contactores. Todas las unidades trabajan a 220 voltios, por lo que se selecciona un breaker de dos polos.

Para cada una de estas tres funciones que trabajan a 220v se seleccionó el mismo modelo de breaker, pero con capacidades distintas acorde con cada equipo alimentado.

Chint NB1 63H 2 Polos (10A, 20A, 32A)



Imagen 4.15. Breaker Marca:Chint , Modelo: NB1-63

- Corriente Nominal: 32A(principal), 20A(aires) y 10A(contactores)
- Tensión Nominal: 230/400v
- Número de polos: 2
- Vida eléctrica: > 8000 maniobras
- Vida mecánica: > 20000 maniobras

4.3.1.4 Controlador Lógico Programable (PLC)

Para este caso se sustituyó el PLC que estaba anteriormente, (Delta – DVP14ss) pues este no contaba con conexión Ethernet, la cual facilita la interacción entre los nuevos equipos y evita cables largos desde un equipo hasta otro.

Existen cuatro equipos separados en distintas áreas de las instalaciones, los cuales se comunican por este medio. Este enlace facilita su comunicación mutua sin una conexión física directa entre ellos.

Delta- DVP12SE R11



Imagen 4.16. Contactor Marca: Moeller, Modelo: DILEM-01

- Alimentación 24Vdc
- Tipo de red: Modbus
- Puertos: Ethernet, USB, rs485 y rs232
- 8 entradas digitales: 24Vdc, 5mA
- 4 salidas digitales a relé: máximo 250Vac o 30Vdc
- Montaje: riel DIN

4.3.1.5 Módulos Entradas y Salidas Digitales

Por la cantidad de entradas con las que se trabaja, es necesario contar con dos de estos equipos. Para el caso de las entradas, se requerirá únicamente de una de las unidades, pero para las salidas es necesario incluir dos módulos.

Las entradas libres del segundo módulo, quedarán habilitadas previendo alguna modificación futura, con esto se evita instalar nuevos equipos o montajes.

Delta- DVP16SP 11R



Imagen 4.17. Modulo I/O digitales DVP 16SP

- Acople con PLC para comunicación y alimentación.
- 8 entradas digitales: 24Vdc, 5mA
- 8 salidas digitales a relé: máximo 250Vac o 30Vdc
- Montaje: riel DIN

4.3.1.6 Sensores

Finder S18.41

Con este sensor se busca remplazar los sensores de movimiento que originalmente controlaban las luces de la bodega. Esto debido a que si se comparan, los nuevos sensores abarcan mayor área y permiten un acceso más rápido a sus configuraciones de retardo de apagado.

El Finder S18.41 tiene la ventaja de que sus parámetros se ajustan en el mismo dispositivo, por lo que trabajará independiente del PLC.



Imagen 4.18. Sensor de pasillo Finder S18.41

- Aplicación para pasillos y áreas de paso.
- Alimentación: 110 a 230 Vac.
- Frecuencia: 50 o 60Hz.
- Cobertura: 30m de largo y 4 metros de ancho.
- Facilidad y variedad de montaje.

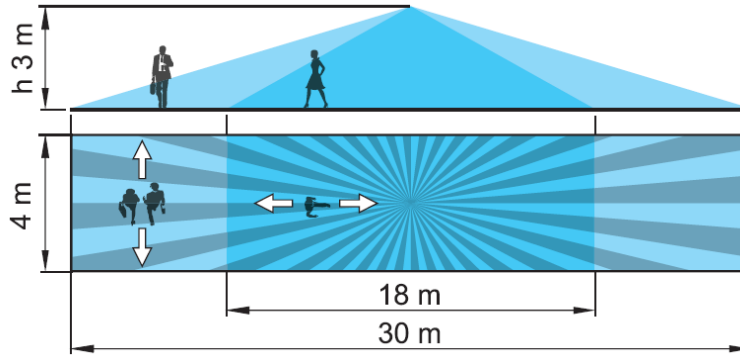
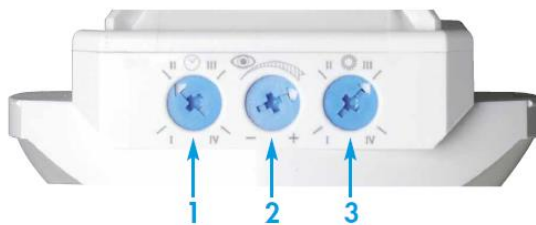


Imagen 4.19. Cobertura del Sensor S18.41



Crepuscular (3):

- I. luminosidad ambiental mínima (aprox. 1 lux)
- II. ambiente de paso (> 10 lux)
- III. oficinas - ambientes de trabajo (aprox. 500 lx)
- IV. siempre ON (∞ lx)

El ajuste de la sensibilidad (2) permite adaptar el detector de movimiento a su entorno y evitar encendidos innecesarios.

El retardo al apagado (1) es ajustable desde 12 segundos hasta 35 minutos.

- Tiempo:
- I. 12 segundos
 - II. 3 minutos
 - III. 15 minutos
 - IV. 35 minutos

Imagen 4.20. Ajustes del Sensor S18.41

Finder 11.91

Este equipo cuenta con un pequeño módulo que incluye relé con salida normalmente abierta y normalmente cerrada, que cambia cuando se alcanza el nivel de lux que se le ajuste.

Además, este cuenta con una salida auxiliar de 12v que reacciona igualmente bajo el ajuste determinado. También posee un parámetro para habilitar su conexión a horas determinadas.

Con este equipo se sustituye el sensor de luz con fotodiodo y permite un mejor control y monitoreo de la situación de intensidad luminosa. Se debe buscar una posición estratégica para colocar el sensor, para que otra fuente de luz no altere su funcionamiento.



Imagen 4.21. Sensor crepuscular Finder 11.91

- Alimentación: 230Vac.
- Frecuencia: 50 o 60Hz.
- Voltaje máximo de operación: 240Vac.
- Bobina del relé controlada por sensor de luz.
- Tiempo de retarde de conexión: 25s.
- Tiempo de retarde de desconexión: 50s.
- Interruptor horario incluido.
- Standard: IEC/EN 61095.
- Montaje: riel DIN.

4.3.1.7 Equipos de Señales Analógicas

Sensor de Temperatura PT100 RTD

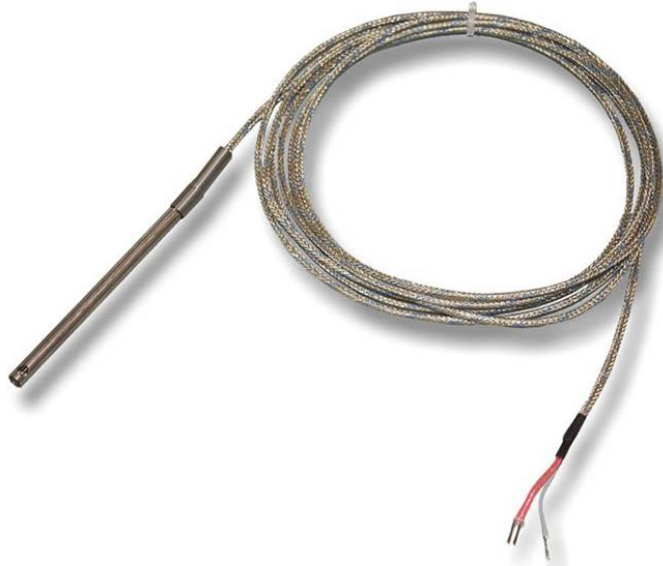


Imagen 4.22. Módulo para PT100 (DVP 04PT)

- de Sensor: Resistencia de Platino 100Ω a 0°C
- Rango de operación: 0 a 400°C
- Exactitud: $0,5^{\circ}\text{C}$
- Conexión: 3 cables RTD

Delta - DVP04PT

Mediante este dispositivo se puede recibir los datos de temperatura de cada habitación para ser procesados por el PLC. A él se conectan máximo cuatro sensores de temperatura pt100 y envía la información al PLC para ser procesada.



Imagen 4.23. Módulo para PT100 (DVP 04PT)

- Alimentación 24Vdc.
- Acople con PLC para comunicación.
- 4 canales para PT100.
- Rango de temperatura de entrada: -200°C a 600°C.
- Rango de conversión digital: 2000 a 6000.
- Montaje: riel DIN.

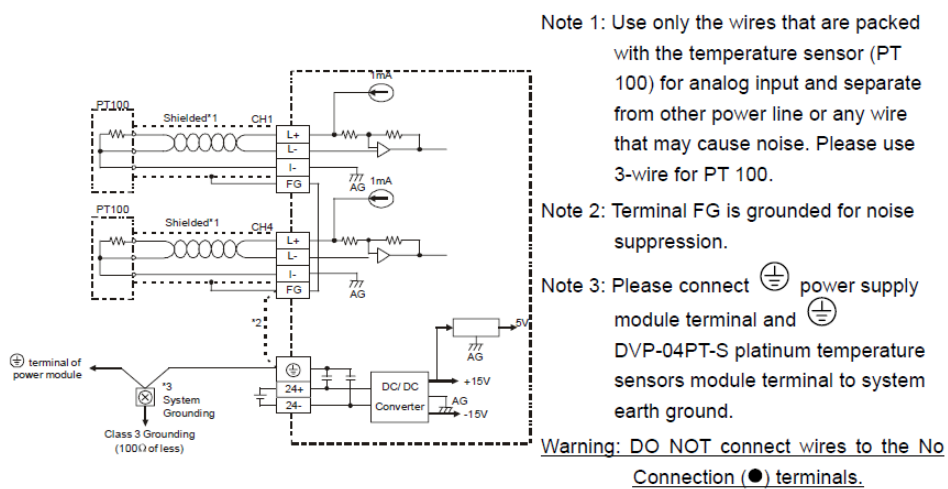


Imagen 4.24. Alambrado del DVP04PT

Delta – DTB 4024

Al igual que el dispositivo DVP04PT, este equipo se encarga de realizar la conversión de señal analógica a digital, para que el PLC pueda procesar la lectura de entrada de la temperatura.



Imagen 4.25. Controlador de temperatura DTB4824

- Conexión a termocuplas, RTD platino, señal analoga (0 ~ 20mA y 0 ~100v).
- Display de grados Fahrenheit y Celsius.
- Comunicación rs485 (Modbus ASCII, RTU).
- Modos de Alarma incorporada.
- Dos salidas.
- Bloqueo de controles.

4.3.1.8 Equipos de Conexión

Dentro del tablero se necesitan distintos equipos a la hora de hacer conexiones, tanto en el sistema de potencia como en el sistema de control. Por ejemplo, para el caso de cables que vengan de equipos externos, por facilidad y comodidad se conectan primero a un borne y a partir de ahí a su respectivo dispositivo.

Gracias a esto se permite una distribución de cables más ordenada con la facilidad a la hora de un mantenimiento, montaje o desmontaje. Para mantener el orden se incluyeron bornes repartidores y bornes simples.

Linwell – LK 80A



Imagen 4.26. Controlador de temperatura DTB4824

- Capacidad Corriente Máxima: 80A IEC, 85A UL
- Sistema de 1 polo
- Entradas: 1x35mm² y 1x16mm²
- Salidas: 6x16mm²
- Tensión: 690v IEC, 600v UL
- Montaje IEC

4.4 Conexión y comunicación de equipos

Para lograr un funcionamiento correcto del sistema se debe realizar una comunicación entre todos los equipos involucrados. El sistema trabaja de la siguiente manera:

El PLC es el cerebro del sistema, todos los equipos se comunican o le envían señales a él y a su vez este controla los dispositivos de acción (contactores y relés). El PLC recibe señales de los sensores, información del medidor y del inverter del panel solar y además trabaja en conjunto con la pantalla para el análisis y monitoreo del sistema.

Los detalles de redes, protocolos de comunicación y demás parámetros se especifican a continuación.

4.4.1 Diagramas (entradas y salidas)

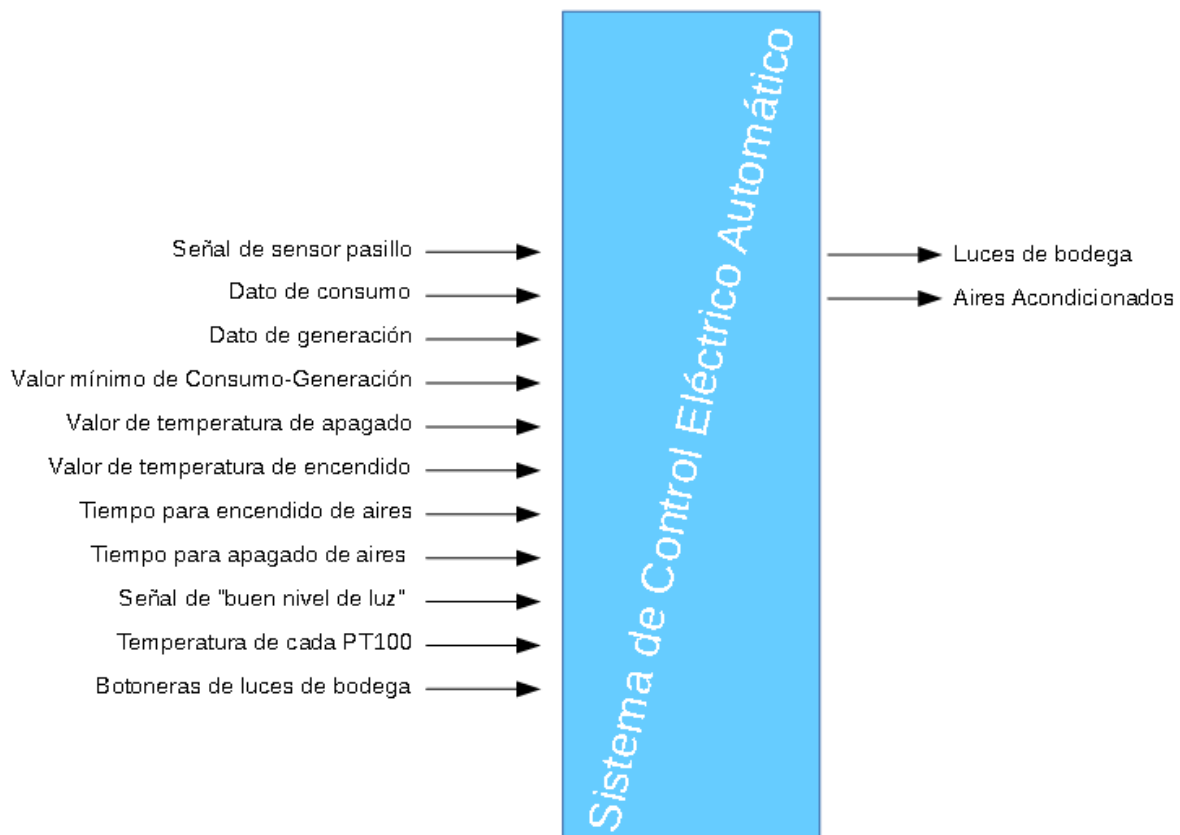


Imagen 4.27. Diagrama de entradas y salidas del sistema

4.4.2 Dispositivos Modbus

Dentro de los dispositivos con este protocolo de comunicación, se encuentra: el PLC, los módulos DVP04PT y DTB, el medidor, el inverter del panel solar y la pantalla HMI. A cada uno de estos equipos se le asigna un valor de dispositivo, que no puede repetirse, es decir, una dirección única que los identifica dentro de la red Modbus.

En este caso, los módulos serán los únicos que se comunicarán por rs485, el resto de los equipos se comunicarán a través de Modbus TCP/IP, cada uno de ellos estará enlazado a la red Ethernet de la empresa y así el PLC podrá tener acceso a sus datos, sin necesidad de una conexión física directa entre ellos. Un punto por considerar, pues los equipos se encuentran en distintas locaciones dentro de las instalaciones.

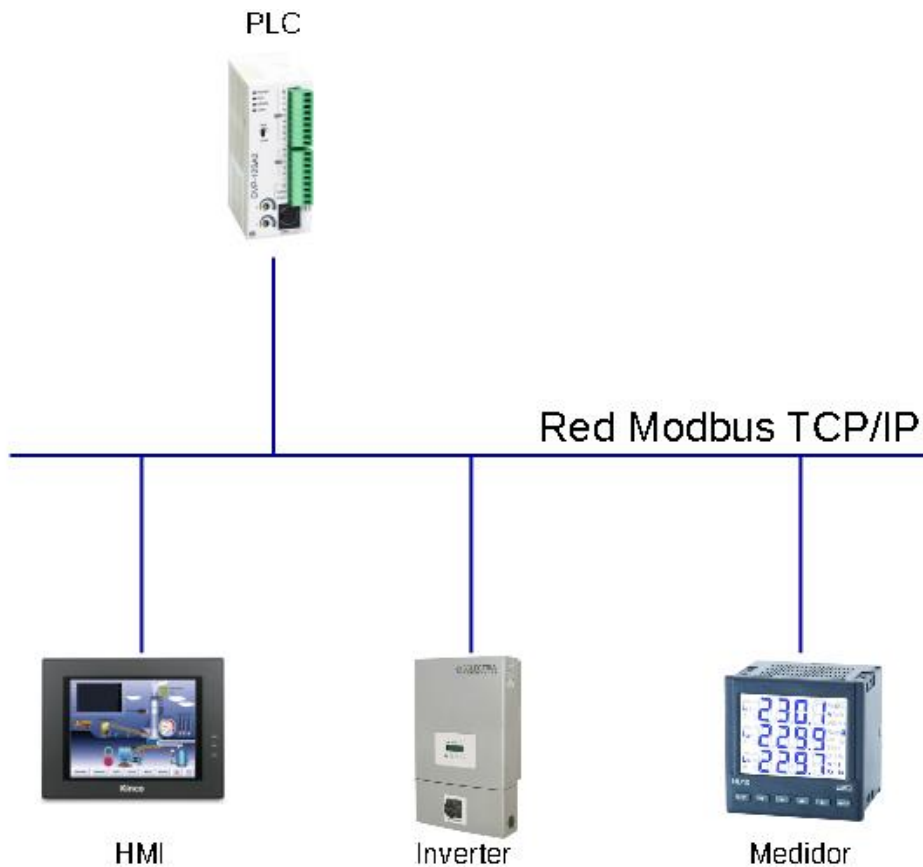


Imagen 4.28. Representación de conexión de equipos a red Ethernet

Elaboración propia

4.4.1 Señales Digitales

En este proyecto, las entradas digitales físicas que percibe el PLC serán únicamente los sensores de movimiento ubicados en los pasillos del segundo piso de la bodega y un par de botoneras que controlan el resto de luces de la bodega.

Al ser un sistema SCADA, todo podrá ser monitoreado y controlado a través de la pantalla HMI. Internamente, el PLC percibe más señales digitales, como las provenientes de botones y datos dentro del diseño de la pantalla, así como entradas de datos del medidor e inverter.

Para el caso del PLC seleccionado, las entradas digitales físicas deben ser de 24v en corriente directa.

4.4.2 Señales Analógicas

Para este caso, estas señales análogas serán únicamente de entrada, las cuales provienen de los sensores de temperatura PT100. Al tener cinco de estos sensores, se decidió utilizar cuatro de ellos en el módulo DVP04PT, pues es el valor máximo de unidades que permite. Se aprovechará un módulo DTB para recibir la señal del quinto sensor PT100.

En el caso del DVP04PT, este se conecta directamente al PLC mediante un acople propio de la marca, comunicándose como un dispositivo Modbus. El DTB, también se comunica como dispositivo Modbus, pero, este necesita una conexión por medio de cables a su puerto rs485.

Posteriormente, al estar dentro de la programación del PLC, se configura como y cuando se quiere que actúen cada una de esas entradas. Estos equipos traducen las entradas de temperatura a un número para que el PLC pueda procesarlo.

Ambos dispositivos (DVP04PT y DTB) traducen un rango de [-200, 600] °C a una señal digital con valores de [-2000, 6000], es decir cada grado se ve reflejado en el PLC como 10 veces su valor.

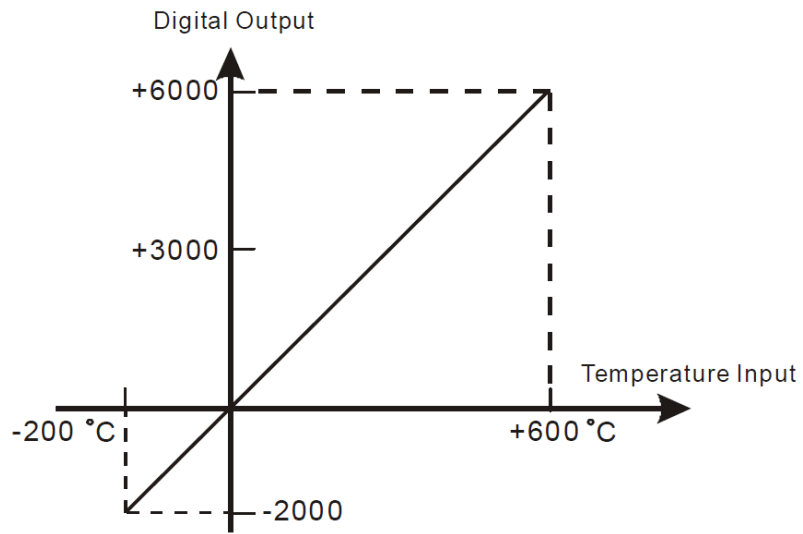


Imagen 4.29. Conversión análogo-digital de los equipos DVP04PT y DTB

Fuente: Catálogo Delta

4.5 Programación

En este proyecto se necesita de una integración de dos programaciones: la principal se realiza en el PLC mediante un diagrama escalera y se complementa con una programación de la pantalla HMI para tareas que no se pueden realizar en el PLC o son más sencillas desde la HMI.

4.5.1 Software

4.5.1.1 HMIWare de Kinco

Este software enfocado únicamente para las pantallas de la misma marca, utiliza lenguaje C++ para realizar una programación.

Dentro de las muchas opciones que tiene este software, algunas de las más importantes son que permite realizar el diseño y comportamiento de las pantallas de interacción con el usuario, así como una programación que involucre funciones propias y de otros equipos.

Además, incluye una serie de configuraciones para la comunicación con otros dispositivos y una base de datos con gran variedad de marcas, equipos y conexiones que son usualmente utilizados como complemento de este tipo de pantallas.

Una característica muy útil en este software es que incluye una simulación totalmente en línea y *offline*, es decir una combinación entre ambos.

4.5.1.2 WPLSoft de Delta

Este software está diseñado únicamente para programar el comportamiento del PLC y controlar todas las señales que entran y salen de él. Como métodos de programación incluye el diagrama escalera, el método grafcet y un método por líneas de código.

Al igual que el software HMIWare, este programa incluye una simulación completamente *offline* y también una conexión *online* para monitorear el comportamiento del sistema.

4.5.2 Pasos del Sistema de Control

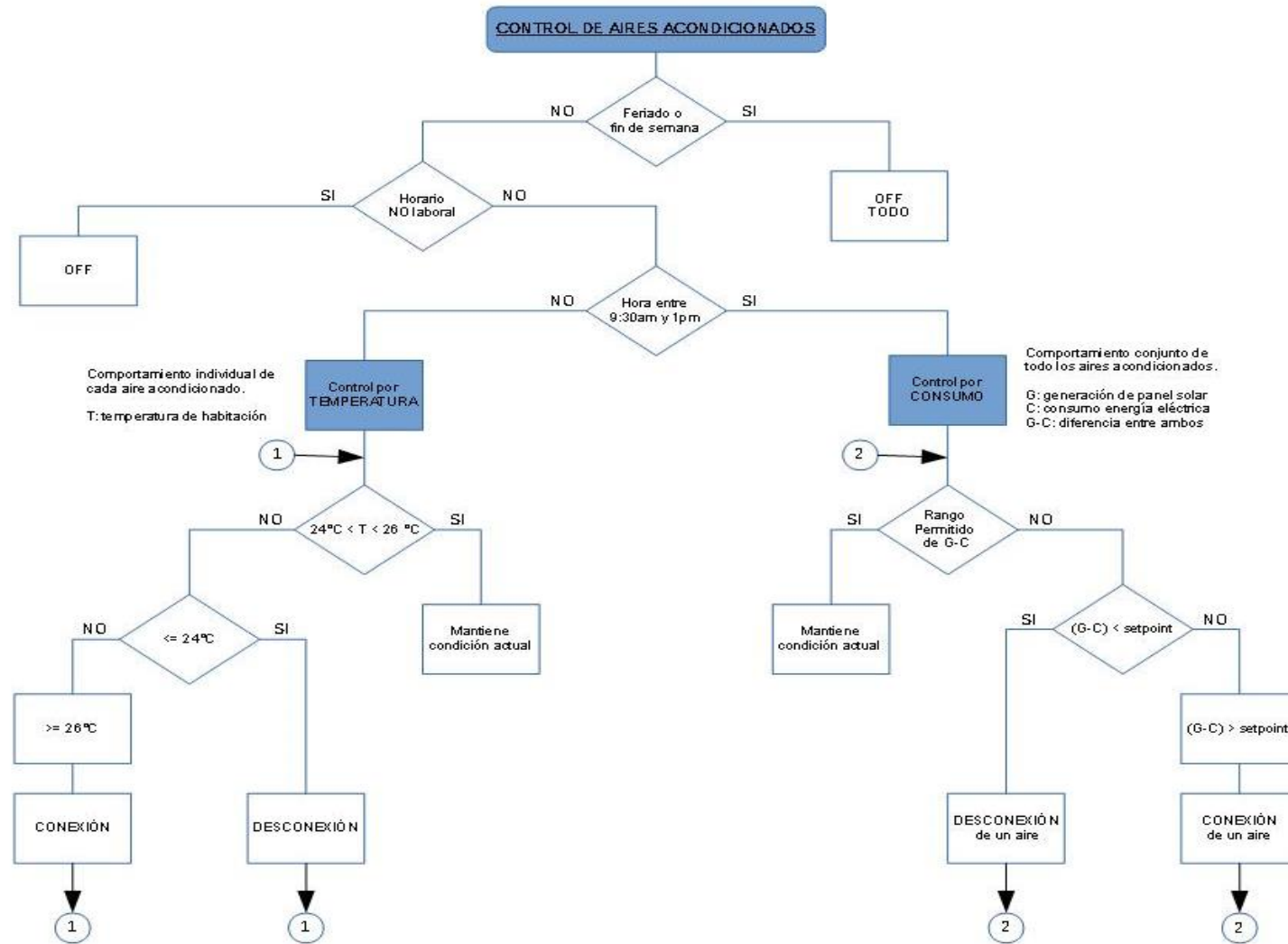


Imagen 4.30. Comportamiento del Sistema de Control de Aires Acondicionados.

Fuente: Elaboración Propia

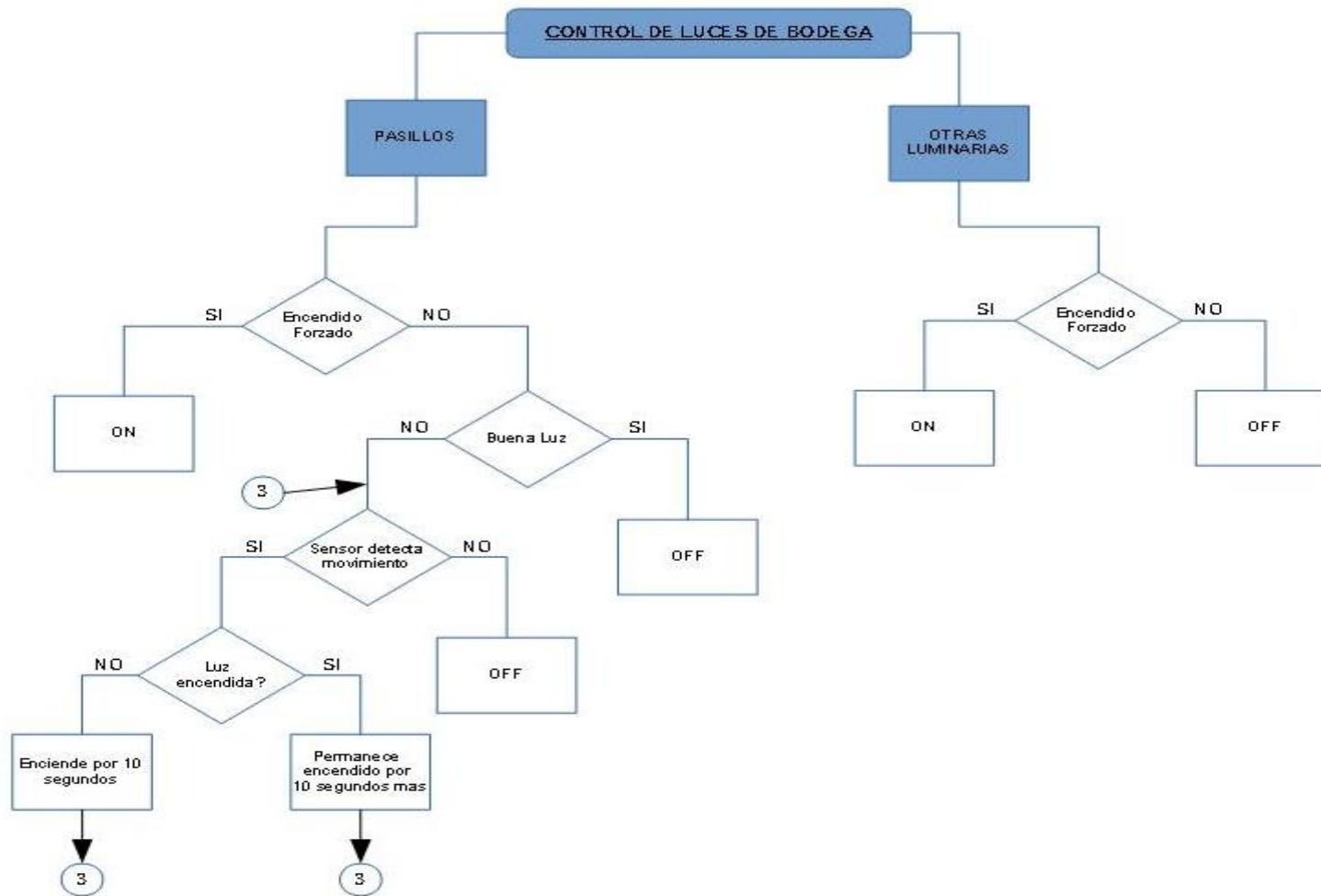


Imagen 4.31. Comportamiento de Luces de Bodega.

Fuente: Elaboración Propia

4.5.3 Programación de PLC

Esta programación se realizó en un diagrama escalera, que consiste en la lógica de conexión y desconexión de los distintos equipos, basándose en el comportamiento que tengan las entradas.

Estas señales de entrada no provienen únicamente de sus puertos de entrada, sino que también recibe señales de la pantalla HMI referenciadas a una memoria dentro del PLC.

4.5.4 Programación de Pantalla HMI

Esta programación secundaria, complemento de la programación del PLC, incluye funciones que este no puede realizar, como indicaciones de hora y fechas. Por ejemplo, una activación o desactivación que dependa de la hora, o un apagado total del sistema en fines de semana y días feriados.

Otra razón del porque se utiliza la pantalla, no solo como visualización sino también como programación, es porque hay tareas o comportamientos que no son tan sencillos de programar en el diagrama escalera del PLC.

4.5.5 Funciones Principales de Sistema

Ambas programaciones se unen como complemento para facilitar la elaboración del programa general de control y lograr que el sistema SCADA funcione de la mejor manera.

Dentro de la programación general del sistema, se incluyen todas las funciones requeridas con temporizadores, contadores y demás, que permiten que las señales de los sensores de temperatura, los datos de entrada del medidor y los datos del inverter controlen los aires acondicionados.

También, mediante la programación de estas funciones y las señales de los sensores de movimiento, se puede controlar las luces de bodega.

Gracias al conjunto de programaciones PLC-HMI se puede incluir al control de aires acondicionados el apagado del sistema cuando se detecta que es un día feriado o fines de semana.

Además, mediante esta misma combinación de programaciones se puede realizar un control horario para el cambio de los métodos de Consumo -Generación y de temperatura.

4.5.6 Funciones extra incorporadas al sistema

Al SCADA se le agregaron varias funciones extra que facilitan el monitoreo y control del sistema, dentro de ellas se encuentran:

4.5.6.1 Niveles de acceso

Mediante esta función se puede limitar el acceso, pues hay configuraciones que no deberían ser manipuladas por personas que no están autorizadas, por lo tanto se protege con contraseña aquellas funciones que no se quieren para uso público.

Por ejemplo, la configuración de las temperaturas de activación y desactivación de los aires acondicionados únicamente pueden ser configurados por el presidente de la empresa, pues si los empleados tuvieran acceso a esa configuración perdería el sentido del control automático y el ahorro energético.

4.5.6.2 Conexión VNC

La pantalla HMI permite este tipo de conexión, la cual es capaz de proporcionar un control y una visualización de esta desde una computadora o celular que tenga acceso a internet, en cualquier parte del planeta.

Por ejemplo, hay funciones que únicamente pueden ser habilitadas por una persona por medio de contraseña, si esta no se encuentra en las instalaciones de la empresa y se requiere autorización de su parte, en caso de tener acceso a internet, el encargado puede acceder desde su celular y controlar las funciones necesarias.

En el caso de que no haya personal en la empresa y algo suceda, se puede tener acceso remoto para apagar cargas que estén activas o monitorear la situación.

Esta conexión permite que varios dispositivos estén accediendo a la pantalla HMI simultáneamente. Lo que sería ventajoso para funciones dentro de la bodega, pues la pantalla HMI se ubica lejos de ahí; sin embargo, desde la computadora de la bodega se podría crear el enlace para controlar el sistema y el comportamiento de las luces.

4.5.6.3 Notificaciones

Este SCADA es capaz de enviar correos ante la detección de alguna acción particular del sistema. Por ejemplo, algún comportamiento que se encuentre fuera de lo establecido enviaría un correo o activaría una alarma que notifique al encargado lo que está sucediendo.

4.5.6.4 Historial

Aunque en este proyecto no se incluyó este rubro, es importante mencionar que con una programación simple, se podría crear una documentación en formato CSV para tener un histórico del comportamiento de las variables que maneja el sistema y así tener registro de la actividad diaria, semanal, mensual y anual.

4.5.6.5 Resultados

A continuación se muestra el resultado del sistema SCADA, con ejemplos de algunas pantallas del sistema.



Imagen 4.32. Pantalla principal del sistema SCADA.

Fuente: Elaboración Propia



Imagen 4.33. Pantalla de control y monitoreo de aires acondicionados.

Fuente: Elaboración Propia



Imagen 4.34. Pantalla de visualización del sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración Propia



Imagen 4.35. Pantalla de monitoreo del medidor de energía.

Fuente: Elaboración Propia



Imagen 4.36. Pantalla de control y monitoreo de luces de bodega.

Fuente: Elaboración Propia

4.6 Planos

4.6.1 Eléctrico-estructural

Inicialmente, no se contaba con ningún plano estructural en la empresa, por lo que era de esperarse que no se tuviera tampoco un plano eléctrico. Por lo tanto, se decidió hacer un aporte a la empresa con este documento y se procedió a elaborar un plano en AutoCAD, que incluyera ambas características con distintas capas que distinguen entre toma corrientes, luminarias, aires acondicionados y sistema de redes.

Este plano no influye directamente sobre el propósito del proyecto, pero puede ayudar a tomar algunas decisiones como la ubicación del tablero de control. Además es indispensable contar con esta información para cualquier consulta o modificación en el sistema eléctrico.

A continuación, se muestra un par de ejemplos de capas de luminarias y toma corrientes.

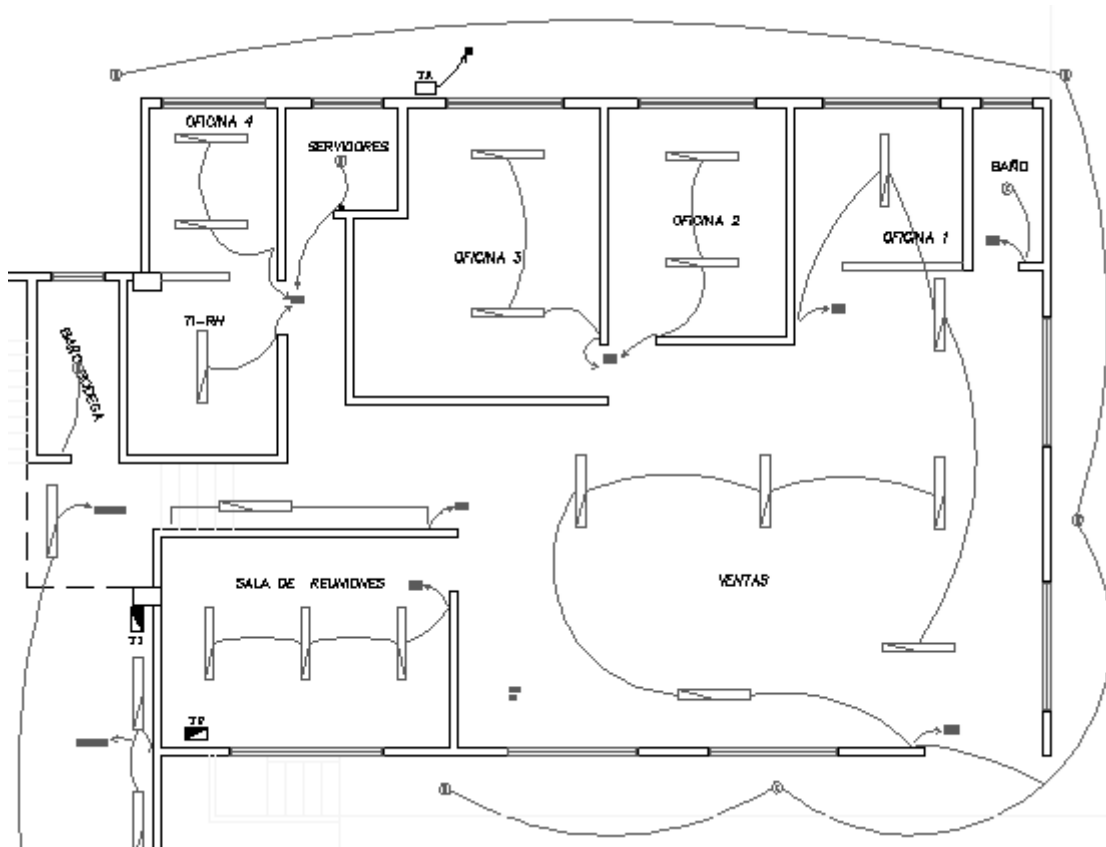


Imagen 4.37. Fragmento de plano eléctrico con el detalle de luminarias.

Fuente: Elaboración propia

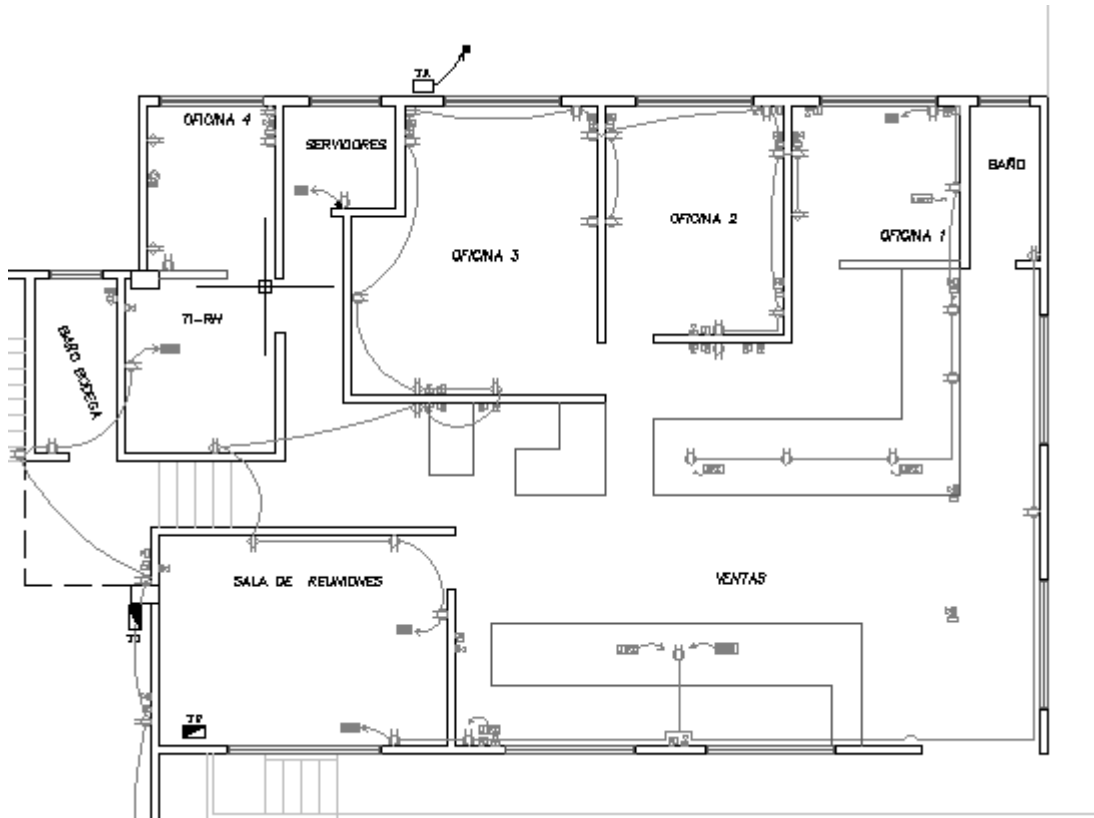


Imagen 4.38. Fragmento de plano eléctrico con el detalle de tomacorrientes.

Fuente: Elaboración propia

4.6.2 Tablero de Control

A la hora de la implementación, este plano del sistema de control es el paso más importante del proceso. Esta representación incluye toda la información necesaria, para que cualquier técnico tenga la capacidad de alambrar y además instalar el tablero.

El plano se divide en tres categorías:

- Potencia del sistema (alimentación).
- Control del sistema (conexiones del PLC, equipos y comunicación).
- Distribución física dentro del tablero.

En general, con la representación de los equipos, no solo se tiene información con el símbolo, sino que se detalla información única del equipo seleccionado, como su modelo, marca, capacidad eléctrica, número de identificación y toda información que se considere indispensable para el entendimiento del plano.

Para el alambrado general se identifican todos los cables, tanto su calibre como una numeración que permite llevar un orden a la hora de alambrear y hacer las conexiones.

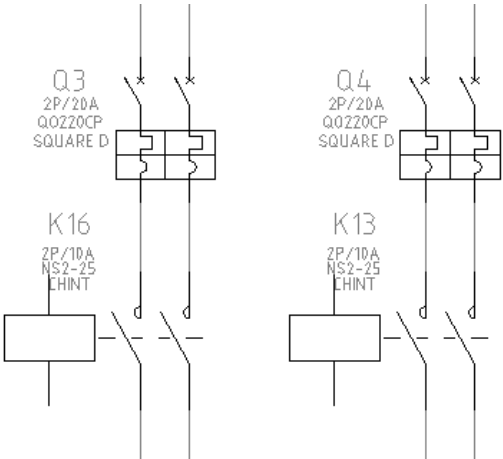


Imagen 4.39. Identificación de equipos en plano de potencia.

Fuente: Elaboración propia

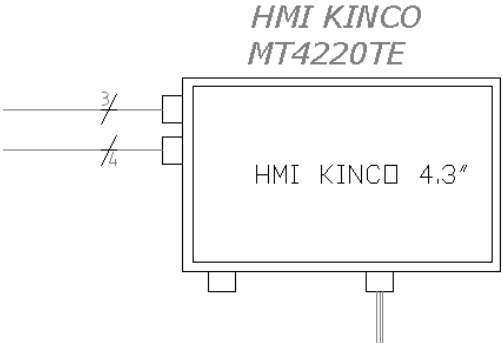


Imagen 4.40. Identificación de equipos en plano de control.

Fuente: Elaboración propia

Otro detalle indispensable para la comprensión del plano, es la identificación de los elementos que se encuentran fuera o dentro del tablero. Para diferenciar estos equipos se les encierra con una línea punteada.

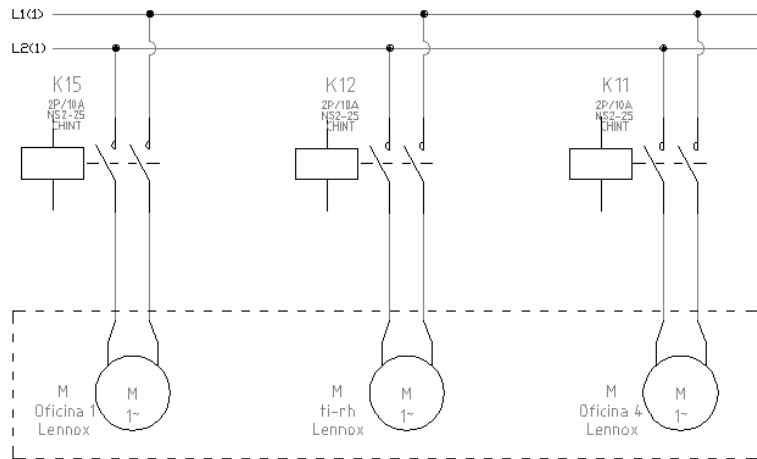


Imagen 4.41. Identificación de equipos en plano de control.

Fuente: Elaboración propia

Dentro de la empresa se acostumbra a tener una identificación de colores para las distintas funciones, como: el nombre de identificación de cada dispositivo, líneas de alimentación de corriente alterna y directa, elementos de control analógico y digitales, entre otros.

Este sistema de colores ayuda al empleado a llevar un control a la hora de dibujar, además, en el momento del ensamblaje permite una identificación más rápida y fácil de cada unidad y/o conexión.

A continuación, se muestran imágenes de los planos elaborados, con ejemplos de la parte de control y la parte de potencia.

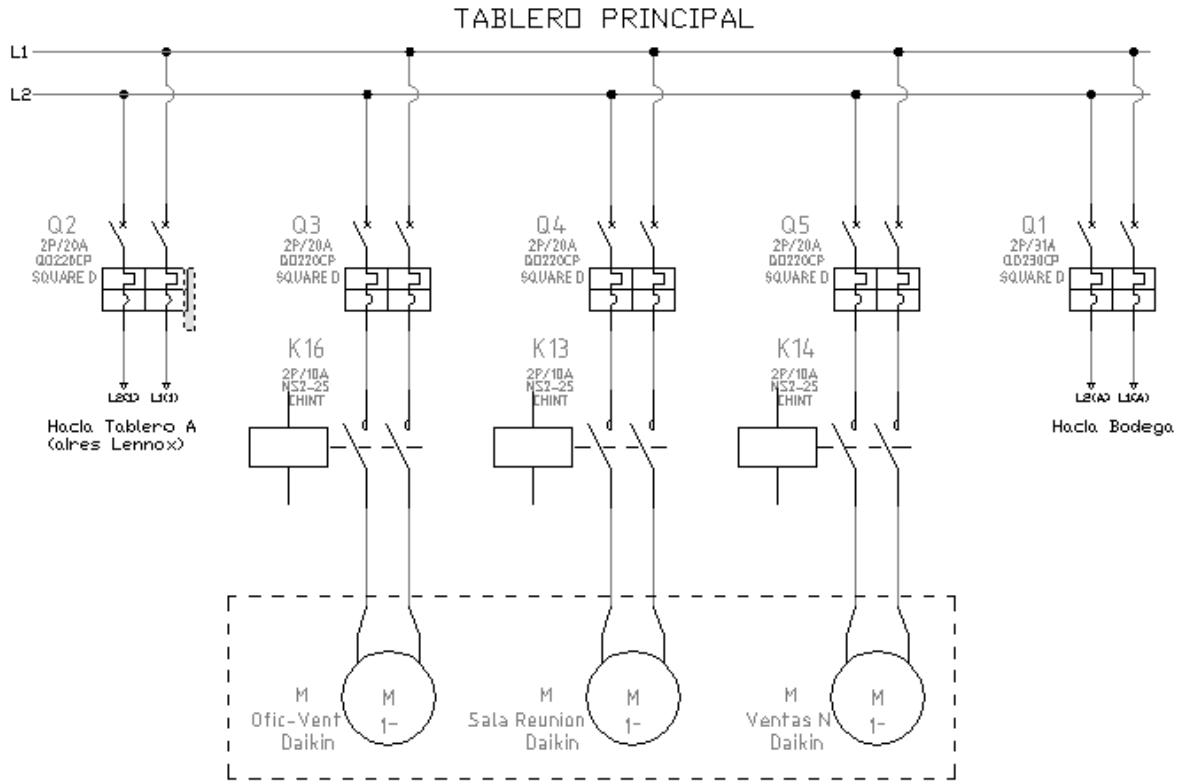


Imagen 4.42. Fragmento de plano de potencia del sistema de control.

Fuente: Elaboración propia

MÓDULO 1 DIG DVP16SP11R

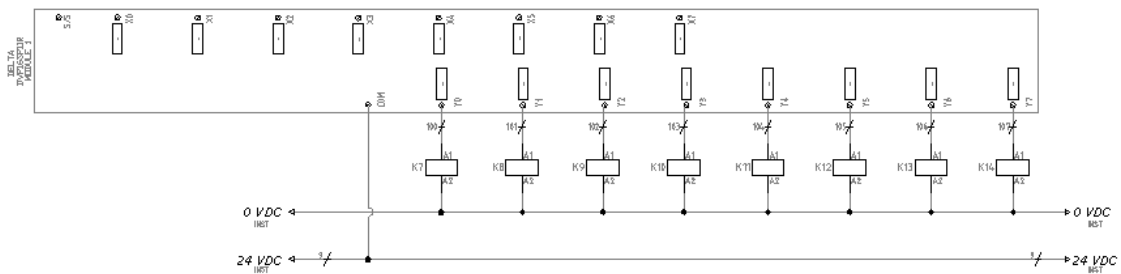


Imagen 4.43. Fragmento de plano de control del sistema de control.

Fuente: Elaboración propia

4.7 Análisis Económico

Todos los materiales utilizados para la elaboración del proyecto se encuentran en la bodega propia de la empresa, por lo tanto la inversión inicial es menor a lo que se detalla en este documento. Por confidencialidad no se puede especificar el precio costo que representa para la empresa, por lo que se realizará el análisis con precio de venta para clientes.

Otro de los beneficios de que se trate de un proyecto para interés propio de Siesa, es que dentro de un mapeo económico no se contempla una inversión de mano de obra. Además, los equipos instalados previamente, los cuales se dejarán de utilizar y además estén en buenas condiciones, pueden volver a bodega para una venta modo “usado” o para disponibilidad del departamento de proyectos, ya sea para pruebas o instalaciones internas propias.

4.7.1 Inversión

A continuación, se muestra una tabla de costos de cada uno de los equipos, sin contemplar los beneficios propios de la empresa, recordando que se analizará la situación a modo de “cliente”.

Tabla 4.8. Lista de los costos de equipos nuevos.

Equipo	Cantidad	Precio Venta Unitario	Costo Total
Contactador CHINT NCH8-20	4	¢6.353	¢25.412
Módulo analógico DELTA DVP04PT	1	¢119.532	¢119.532
Modulo I/O DELTA DVP16SP-11R	1	¢73.079	¢73.079
Sensor de temperatura PT100	5	¢44.440	¢222.200
PLC DELTA DVP12SE-11R	1	¢146.500	¢146.500
Módulo de temperatura DTB4834	1	¢56.084	¢56.084
Sensor de pasillo FINDER 18.41	4	¢106.680	¢426.720
Cable para PT100	150	¢1.250	¢187.500
Cable 2x4mm (potencia)	170	¢904	¢153.680
Cable 2x1.5mm (control)	120	¢374	¢44.880
Cable Ethernet	1	¢4.650	¢4.650
Pantalla HMI KINCO MT4220TE	1	¢252.093	¢252.093
Breaker 2p/20A CHINT (Aires)	3	¢7.120	¢21.360

Breaker 2p/32A CHINT (principal)	1	¢7.120	¢7.120
Breaker 2p/10A CHINT (control)	1	¢7.120	¢7.120
Gabinete Metálico 700x500mm	1	¢71.156	¢71.156
Ducto 40mm	1	¢6.243	¢6.243
Ducto 25mm	1	¢4.950	¢4.950
Borne 2.5mm	10	¢360	¢3.600
Tapa borne	2	¢378	¢756
Jumper 2.5	2	¢378	¢756
Riel DIN	1	¢1.700	¢1.700
Terminal pin hueco 1.5mm	50	¢24	¢1.200
Terminal pin hueco 4mm	30	¢33	¢990
Terminal pin hueco 2x4mm	10	¢51	¢510
Borne Repartidor LINKWELL LK125A	2	¢6.900	¢13.800
Interruptor Crepuscular FINDER 11.91	1	¢0	¢0
Total			¢1.853.591

Fuente: Elaboración propia

A este monto total del costo de equipos se le agrega un 13% de impuesto de ventas, lo que da un total de **¢2.094.5558** como inversión.

4.7.2 Ahorro

En este punto se busca realizar un panorama real de la situación. Hay que recordar que las condiciones atmosféricas tienen gran impacto en el funcionamiento del sistema SCADA, pues el comportamiento de la generación fotovoltaica y la temperatura ambiental son variables impredecibles y no se puede prever una conducta exacta de estas condiciones.

Al analizar las horas de trabajo que se tenía previamente de los aires acondicionados (aproximadamente 10 horas), se consideró que un dato realista para la utilización de los aires sería de 8 horas. Es decir, el sistema permitiría un ahorro de 2 horas en el uso de cada aire. En algunos casos estos valores de ahorro podrían ser mayores, pero se decidió tomar todos por igual para analizar un caso más crítico.

De esta manera, y bajo la misma analogía, para las luminarias de la bodega se puede concluir que por efecto de los nuevos equipos instalados, es posible reducir a la mitad el tiempo de trabajo.

En el siguiente cuadro, se detalla cuanto sería el ahorro energético diario según las condiciones mencionadas anteriormente.

Tabla 4.9. Lista de tareas de ahorro diario de energía eléctrica.

Tareas para ahorrar	Cantidad equipos	Tiempo Antes	Tiempo Ahora	Consumo Antes	Consumo Ahora	Energía Antes	Energía Ahora
Balancear cargas	1	4,0 horas	4,0 horas	1000 W	500 W	4,00 kWh	2,00 kWh
Pasillo 1.1	5	2,0 horas	1,0 horas	28 W	28 W	0,28 kWh	0,14 kWh
Pasillo 1.2	5	2,0 horas	1,0 horas	28 W	28 W	0,28 kWh	0,14 kWh
Pasillo 1.3	5	2,0 horas	1,0 horas	28 W	28 W	0,28 kWh	0,14 kWh
Pasillo 1.4	5	2,0 horas	1,0 horas	28 W	28 W	0,28 kWh	0,14 kWh
Pasillo 2.2	5	1,0 horas	0,2 horas	28 W	28 W	0,14 kWh	0,03 kWh
Pasillo 2.3	5	1,0 horas	0,2 horas	28 W	28 W	0,14 kWh	0,03 kWh
Pasillo 2.4	5	1,0 horas	0,2 horas	28 W	28 W	0,14 kWh	0,03 kWh
Aire Ventas N	1	10,0 horas	8,0 horas	2040 W	2040 W	20,40 kWh	16,32 kWh
Aire TI-RH	1	10,0 horas	8,0 horas	800 W	800 W	8,00 kWh	6,40 kWh
Aire Of 1	1	8,0 horas	6,0 horas	800 W	800 W	6,40 kWh	4,80 kWh
Aire Of 4	1	8,0 horas	6,0 horas	800 W	800 W	6,40 kWh	4,80 kWh
Aire Ventas, Of 2y3	1	10,0 horas	8,0 horas	1712 W	1712 W	17,12 kWh	13,70 kWh
Aire Sala de reuniones	1	1,0 horas	1,0 horas	920 W	920 W	0,92 kWh	0,92 kWh
Aire Proyectos	1	10,0 horas	8,0 horas	1464 W	1464 W	14,64 kWh	11,71 kWh
Total						79,42 kWh	61,29 kWh

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta un promedio de 22 días laborales al mes (no se cuenta fines de semanas) y el costo por kiloWatt de la tarifa comercial de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz del primer semestre del año 2016, se puede obtener resultados monetarios de la equivalencia de ese ahorro energético.

A este total se le debe sumar los porcentajes que equivaldrían a los impuestos, bomberos y alumbrado público que se aplican para todas las tarifas eléctricas. Así se obtendrá un valor final de la visión del ahorro que generaría este proyecto mensualmente.

Tabla 4.10. Ahorro mensual previsto del sistema eléctrico de Siesa.

Rubro	Monto
Ahorro mensual	398,82 kWh
Cobro <3000 kWh	¢48.910,79
Alumbrado	¢1.399,84
Impuesto	¢6.358,40
Bomberos	¢855,94
AHORRO TOTAL	¢57.524,98

Fuente: Elaboración propia

4.7.3 Recuperación de inversión

Para medir el tiempo en el que se recuperará la inversión inicial, se tomará como forma de pago el monto de ahorro que genera el sistema por mes. Además se toma en cuenta el valor del dinero en función del tiempo, para así obtener un valor lo más aproximado a la realidad posible.

Para la tasa de descuento se tomó como referencia un 8,88%, este valor es la tasa de inversión indicada por el Banco Nacional de Costa Rica, específicamente para actividad Energética, que rige desde el 19 de mayo del 2016.

Tabla 4.11. Retorno de la inversión.

Final de año	1	2	3	4
Ahorro	¢690.300	¢690.300	¢690.300	¢690.300
Tasa de descuento	1,09 %	1,19 %	1,29 %	1,41 %
Valor Presente	¢634.001	¢582.293	¢534.802	¢491.185
TIR	-67,0%	-23,8%	-0,6%	12,0%
VAN	¢-1.460.557,31	¢-878.264,40	¢-343.461,95	¢147.723,26

Fuente: Elaboración propia

Para una inversión inicial de **₡2.094.5558**, y un ahorro mensual de **₡57.524,98** (**₡690.300 anual**) se obtiene que después de 42 meses (tres años y 6 meses) la inversión del proyecto estará cubierta.

Cabe mencionar que para el caso de la empresa, este tiempo de retorno de la inversión es menor. Esto debido a que no se toma en cuenta esa tasa de descuento, pues ella cuenta con capital para realizar la inversión.

Además, gracias a este proyecto, eventualmente llegaría a obtenerse mayores ahorros mensuales, esto debido a que trimestralmente las tarifas aumentan su valor, por lo tanto, entre más aumente las tarifas, mayor beneficio se obtiene al ahorrar.

5 CONCLUSIONES

- 1- Se diseñó un sistema SCADA capaz de controlar aires acondicionados y luminarias para generar un ahorro energético y económico a la empresa Siesa.
- 2- Se seleccionó equipos como contactores, HMI, PLC, sensores y otros, para elaborar un SCADA, el cual será aplicado en la empresa.
- 3- Se identificó que los aires acondicionados son las cargas críticas en el consumo eléctrico de la empresa. Estos abarcan alrededor de 7 kW, es decir, representan un 80% del total del consumo eléctrico, por lo tanto estas unidades se controlarán automáticamente de acuerdo con la temperatura, generación y consumo.
- 4- Se diseñó una programación para una pantalla HMI y para un PLC capaces de tomar decisiones sobre el encendido y apagado de los equipos, así como controlar el tiempo de funcionamiento.
- 5- Se elaboró una interfaz gráfica amigable para controlar y monitorear aires acondicionados, luces de bodega, medidor de energía y paneles solares.
- 6- Se realizó un análisis económico que confirma la viabilidad del proyecto. Con una inversión de **¢2.094.5558** se prevé un ahorro mensual de hasta **¢57.524,98** con un periodo de retorno de 48 meses.
- 7- Se entregó a la empresa una documentación detallada referente al proyecto y su implementación, que corresponde a planos eléctricos y a los planos del sistema SCADA.

6 RECOMENDACIONES

1. Realizar una reunión con el personal de la empresa, para explicar el funcionamiento del sistema, así como para hacer conciencia del uso de los equipos y la energía.
2. Organizar un plan de implementación, que interfiera lo menos posible con las funciones laborales de la empresa y sus trabajadores.
3. Llevar un control del funcionamiento del sistema para comprobar que no hay errores de programación o configuración.
4. Llevar un control mensual del monto ahorrado y documentar el proceso del retorno de la inversión.

7 BIBLIOGRAFÍA

Archmeter. (24 de Abril de 2016). PA3000 Smart Power Meter User Guide.

Chint Electric. (19 de Abril de 2016). NCH8 Modular AC Contactor Manual.

Delta Electronics. (20 de Abril de 2016). DELTA Temperature Controller DTB Series User Manual.

Delta Electronics. (20 de Abril de 2016). DVP04PT Platinum Temperatura Sensors Instruction Sheet 2004.

Delta Electronics. (4 de febrero de 2016). DVP-PLC Application Manual (Programming).

Delta Electronics. (4 de Febrero de 2016). Manual de Operacion, Programación].

Delta Electronics. (24 de Abril de 2016). Setting MODBUS RS-485 communication for Delta products.

Espinoza Gutiérrez, C. L., Jiménez Boulanger, F., & Fonseca Retana, L. (2007). *Ingeniería Económica*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Finder. (19 de Abril de 2016). Serie 11 - Interruptor crepuscular 12 - 16 A Manual.

Finder. (19 de Abril de 2016). Serie 18 - Detector de movimiento 10 A Manual.

Floyd, T. (2007). *Principios de Circuitos Eléctricos, 8va Edición*. Pearson PRENTICE-HALL.

Forero Saboya, N. G. (2012). *Normas de Comunicación en Serie RS-232, RS-422 y RS-485*.

Fraile Mora, J. (2012). *Circuitos Electricos, 1ra Edición*. Pearson PRENTICE-HALL.

Kinco. (10 de Marzo de 2016). Kinco HMIWare User Manual.

Merino Serna, J. (2008). *Matemática Financiera e Ingeniería Económica 2da Edición*.

Miyara, F. (2004). Conversores D/A y A/D, 2da Edición.

Perez Gonzales, F., & Artes Rodriguez, A. (2007). *Comunicaciones Digitales*. Pearson PRENTICE-HALL.

Pizarro Valdez, F. (2010). Automatización de máquinas empaquetadoras mediante la utilización de controladores lógicos programables.

Solis Arias, C. (2010). *Ingeniería de Iluminación*.

Páginas WEB:

<http://datateca.unad.edu.co>. Interpretación de los símbolos para comandos en Ladder para las E/S (I/O) en la programación de PLC, 2016. Consultado el día 8 de marzo.

<https://es.scribd.com>. Diagramas de Escalera y Simbología de los elementos de entrada, 2015. Consultado el día 14 de marzo.

<https://www.coit.es>. Energía Solar Fotovoltaica, 2015. Consultado el día 19 de abril.

www.siemens.com. Visualización SIMATIC HMI, 2015. Consultado el 30 de Marzo del 2015.

8 ANEXOS.

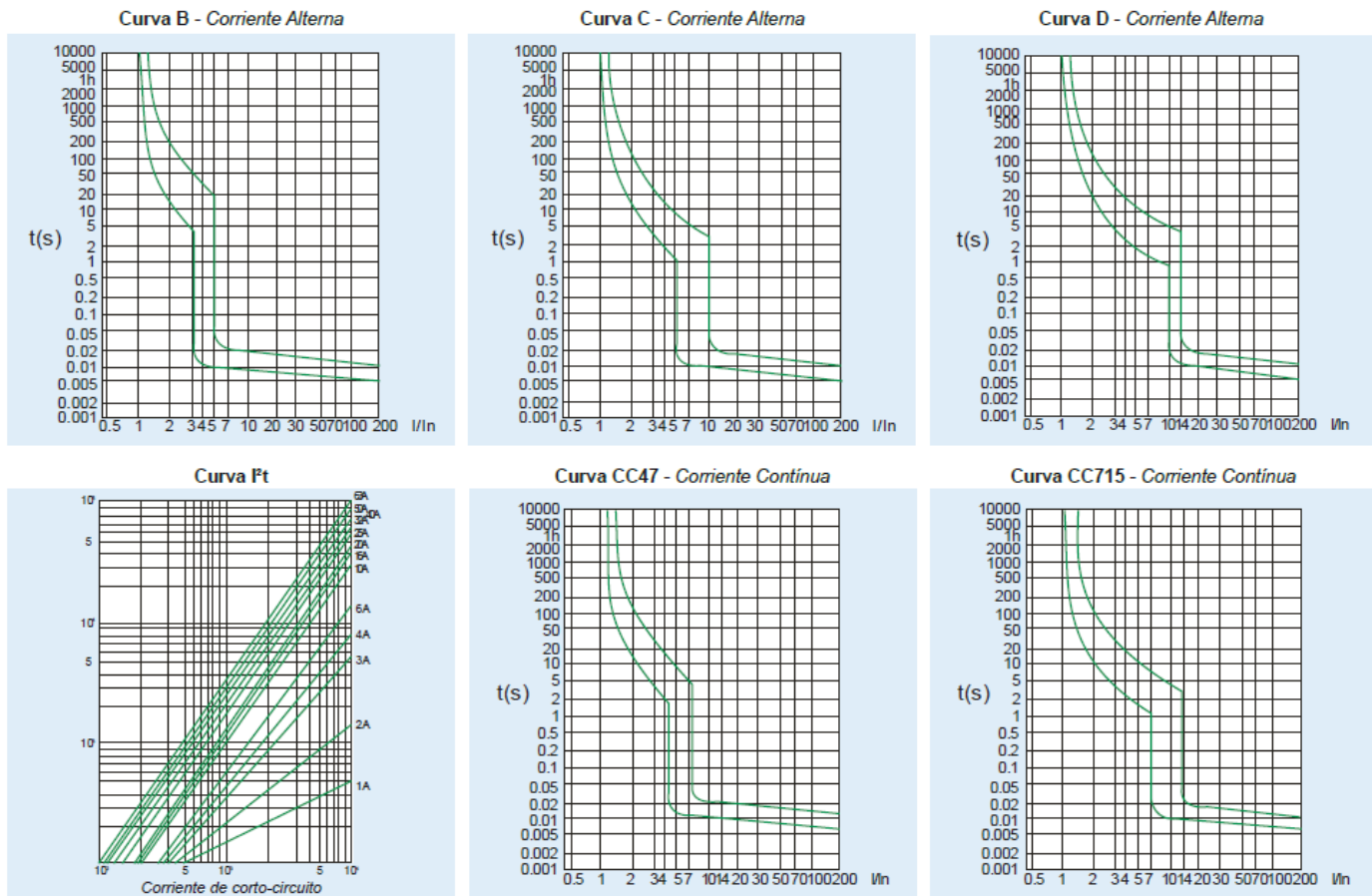


Figura A - 1. Curvas de breakers Chint NB1-63 y NB1-63H

Fuente: Extraído de Chint Electric, <http://www.chint.co.uk>.

Item	Model	DVPPS01	DVPPS02
Power Input		100~240 VAC (-15%~+10%), 50 / 60 Hz	100~240 VAC (-15%~+10%), 50 / 60 Hz
Output Power		24VDC ($\pm 3\%$), output current: 1A max.	24VDC ($\pm 3\%$), output current: 2A max.
Ripple & Noise		Under 100mV _{p-p} Typical at full load	Under 240mV _{p-p} Typical at full load
Efficiency		78%~87% Typical at full load	
Over Load / Short Circuit Protection		Auto Recovery	
Grounding		The diameter of grounding wire cannot be smaller than the wire diameter of terminals L and N (All PLC units should be grounded directly to the ground pole).	
Operation/Storage Environment		Operation: 0°C~55°C (Temperature), 50~95% (Humidity), Pollution degree 2; Storage: -25°C~70°C (Temperature), 5~95% (Humidity)	
Agency Approvals		Underwriters Laboratories, Inc.: UL508 Listed (Industrial Control Equipment) European Community EMC Directive 89/336/EEC and Low Voltage Directive 73/23/EEC	
Weight (g)		158	250

Figura A - 2. Especificaciones técnicas de la fuente DVP PS01

Fuente: Extraído de Delta Electronics, <http://www.delta.com.tw>.

Platinum Temperature Module (04PT)	Centigrade (°C)	Fahrenheit (°F)
Power supply voltage	24 VDC (20.4VDC~26.4VDC) (-15%~+10%)	
Analog input channel	4 channels per module	
Sensors type	3-WIRE PT100Ω 3850 PPM/°C(DIN 43760 JIS C1604-1989)	
Current excitation	1 mA	
Temperature input range	-200°C~600°C	-328°F~1112°F
Digital conversion range	K-2000~K6000	K-3280~K11120
Resolution	14 bits(0.1°C)	14 bits(0.18°F)
Overall accuracy	±0.5% of full scale of 25°C(77°F), ±1% of full scale during 0~55°C (32~131°F)	
Response time	200 ms xchannels	
Isolation method	Isolation between digital and analog circuitry. There is no isolation between channels.	
Digital data format	2's complement of 16-bit, (13 Significant Bits)	
Average function	Yes (CR#2~CR#5 may be set and the range is K1~K4096)	
Self diagnostic function	Yes	

Figura A - 3. Especificaciones técnicas del equipo DVP 04PT - 2

Fuente: Extraído de Delta Electronics, <http://www.delta.com.tw>.

Input Voltage	100 to 240VAC 50/60Hz
Operation Voltage Range	85% to 110% of rated voltage
Power Consumption	5VA max.
Memory Protection	EEPROM 4K bit (non-volatile memory (number of writes: 100,000)
Display Method	2 line x 4 character 7-segment LED display Process value(PV): Red color, Set point(SV): Green color
Sensor Type	Thermocouple: K, J, T, E, N, R, S, B, L, U, TXK
	3-wire Platinum RTD: Pt100, JPt100 Analog input: 0~5V, 0~10V, 0~ 20 mA, 4~20 mA, 0~50mV
Control Mode	PID, ON/OFF, Manual or PID program control (Ramp/Soak control)
Control Output	Relay output: SPDT (SPST: 1/16 DIN and 1/32 DIN size), Max. load 250VAC, 5A resistive load
	Voltage pulse output: DC 14V, Max. output current 40mA
	Current output: DC 4 ~ 20mA output (Load resistance: Max. 600Ω) Linear voltage output: 0~5V, 0~10V
Display Accuracy	0 or 1 digit to the right of the decimal point (selectable)
Sampling Rate	Analog input: 150 msec/ per scan Thermocouple or Platinum RTD: 400 msec/per scan
RS-485 Communication	MODBUS ASCII / RTU communication protocol
Vibration Resistance	10 to 55Hz, 10m/s ² for 10min, each in X, Y and Z directions
Shock Resistance	Max. 300m/ s ² , 3 times in each 3 axes, 6 directions
Ambient Temperature	0 °C to +50 °C
Storage Temperature	-20 °C to +65 °C
Altitude	2000m or less
Relative Humidity	35% to 80% (non-condensing)

Figura A - 4. Especificaciones técnicas del módulo DVP DTB

Fuente: Extraído de Delta Electronics, <http://www.delta.com.tw>.

Item	Model	DVP12SE11R	DVP12SE11T
Noise immunity		ESD (IEC 61131-2, IEC 61000-4-2): 8kV Air Discharge EFT (IEC 61131-2, IEC 61000-4-4): Power Line: 2kV, Digital I/O: 1kV, Analog & Communication I/O: 1kV RS (IEC 61131-2, IEC 61000-4-3): 26MHz ~ 1GHz, 10V/m	
Grounding		The diameter of grounding wire cannot be smaller than the wire diameter of terminals L and N (All DVP units should be grounded directly to the ground pole).	
Operation / storage		Operation: 0 to 55°C (temp.), 50 to 95% (humidity), Pollution degree 2 Storage: -25 to 70°C (temp.), 5 to 95% (humidity)	
Vibration / shock resistance		International standards: IEC61131-2, IEC 68-2-6 (TEST Fc)/IEC61131-2 & IEC 68-2-27 (TEST Ea)	
Weight (g)		145	135

Spec.		Input Points	
Items		24 VDC (-15 to 20%) single common port input	
Input No.		X0 to X2	X3 to X7
Input type		DC (SINK or SOURCE)	
Input current (±10%)		24 VDC, 5 mA	
Input impedance		4.7 kΩ	
Max. frequency		100 kHz	10 kHz
Action level	Off → On	> 15 VDC	
	On → Off	< 5 VDC	
Response time	Off → On	< 2.5 μs	< 20 μs
	On → Off	< 5 μs	< 50 μs
Filter time		Adjustable within 0 ~ 20ms by D1020 (Default: 10ms)	

Spec.		Output Points		
Items		Relay	Transistor	
Output No.		Y0 to Y3	Y0, Y2	Y1, Y3
Max. frequency		1 Hz	100 kHz	10 kHz
Working voltage		250 VAC, < 30 VDC	5 to 30 VDC #1	
Max. load	Resistive	1.5 A/1 point (5 A/COM)	0.5 A/1 point (2 A/COM)	
	Inductive	#2	15 W (30 VDC)	
	Lamp	20 WDC/100 WAC	2.5 W (30 VDC)	
Response time	Off → On	Approx. 10 ms	2 μs #3	20 μs #3
	On → Off		3 μs #3	30 μs #3

#1: UP, ZP must work with external auxiliary power supply 24 VDC (-15 to +20%), rated

Figura A - 5. Especificaciones técnicas del PLC DVP 12SE

Fuente: Extraído de Delta Electronics, <http://www.delta.com.tw>.

Esquemas de conexión

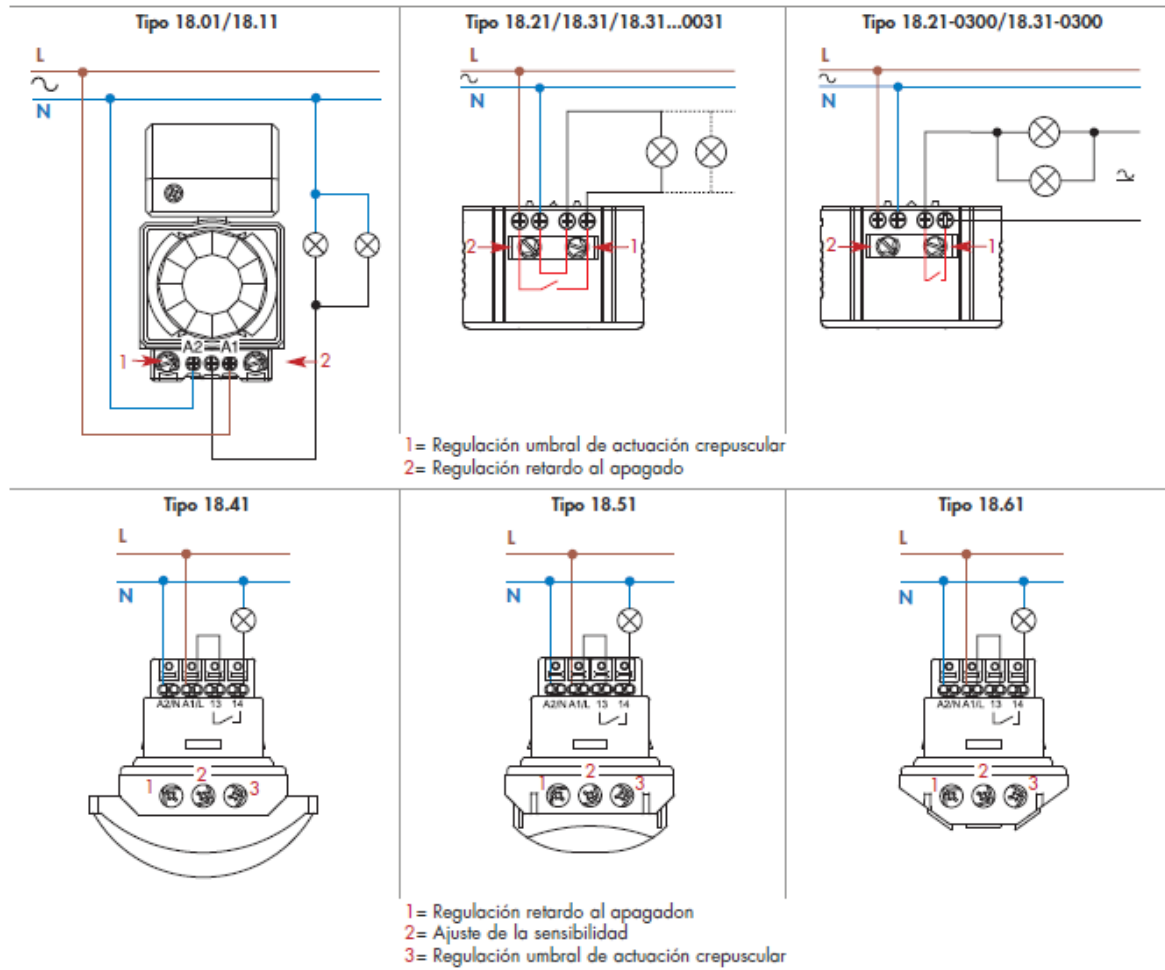


Figura A - 6. Esquema de Conexión de sensores Finder serie 11

Fuente: Extraído de Finder, <http://www.findernet.com>.

Características

Relé para el encendido de lámparas en función de la luminosidad ambiental, se suministran con sensor fotosensible externo

- 11.42 - 1 contacto conmutado + 1 contacto NA 12 A**
- Dos salidas independientes y regulables por separado
 - Selector con 4 posiciones:
 - escala "Standard" (umbral 1...80 lx)
 - escala "High" (umbral 20...1000 lx)
 - luz fija (particularmente interesante para el test en la primera instalación y para operaciones de mantenimiento de la instalación)
 - luz apagada (útil en el periodo de vacaciones)
 - Primeros 6 ciclos (total entre los dos canales) de funcionamiento del relé sin retraso al encendido y al apagado, para facilitar al instalador las operaciones de ajuste y regulación
 - Indicador LED

- 11.91 - 1 contacto conmutado 16 A + 1 salida auxiliar para el módulo de potencia**
- Función interruptor horario diario, con horas de apagados y encendidos programables
 - Salida auxiliar controlada directamente por la función crepuscular
 - Patente Italiana "Compensación de la influencia de las luces que conecta" que facilita instalación y uso
 - Regulación de la sensibilidad 2 a 150 lux
 - Pantalla LCD para visualización, configuración y programación
 - Batería interna para la configuración y programación sin alimentación y para la reserva de marcha en caso de fallo de red (5 años)
 - Separación MBTS entre circuito de alimentación y contactos
 - Doble aislamiento entre la alimentación y el fotosensor
 - Montaje en carril de 35 mm (EN 60715)
 - Contactos sin Cadmio
 - Elemento fotosensible sin cadmio (Cl fotodiodo)

Dimensiones ver página 8

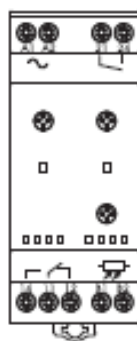
Características de los contactos

Configuración de contactos	1 contacto conmutado + 1 NA	1 c. c. + 1 salida auxiliar*
Corriente nominal/Máx. corriente instantánea A	12 / 24 [120 – 5 ms]	16 / 30 [120 – 5 ms]
Tensión nominal/Máx. tensión de conmutación V AC	250 / 400	250 / 400
Potencia nominal en AC1 VA	3000	4000
Potencia nominal en AC15 (230 V AC) VA	750	750
Potencia nominal de las lámparas: incandescentes/halógeno 230V W	2000	2000
fluorescentes con balasto electrónico W	1000	1000
fluorescentes con balasto electromecánico compensado W	750	750
CFL W	400	400
LED 230 V W	400	400
halógenas o LED BT con transf. electrónico W	400	400
halógenas o LED BT con transf. electromecánico W	800	800
Carga mínima conmutable mW [V/mA]	1000 (10 / 10)	1000 (10 / 10)

11.42



- 2 salidas independientes
- 2 ajustes de la sensibilidades independientes
- Selector con 4 posiciones



11.91



- Relé crepuscular + interruptor horario integrado
- Salida auxiliar, controlada por el crepuscular, para el módulo de potencia 19.91

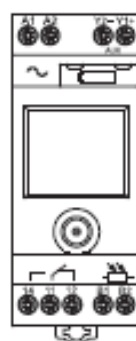


Figura A - 7. Especificaciones técnicas de interruptores Finder

Fuente: Extraído de Finder, <http://www.findernet.com>.

Single Pole Distribution Blocks

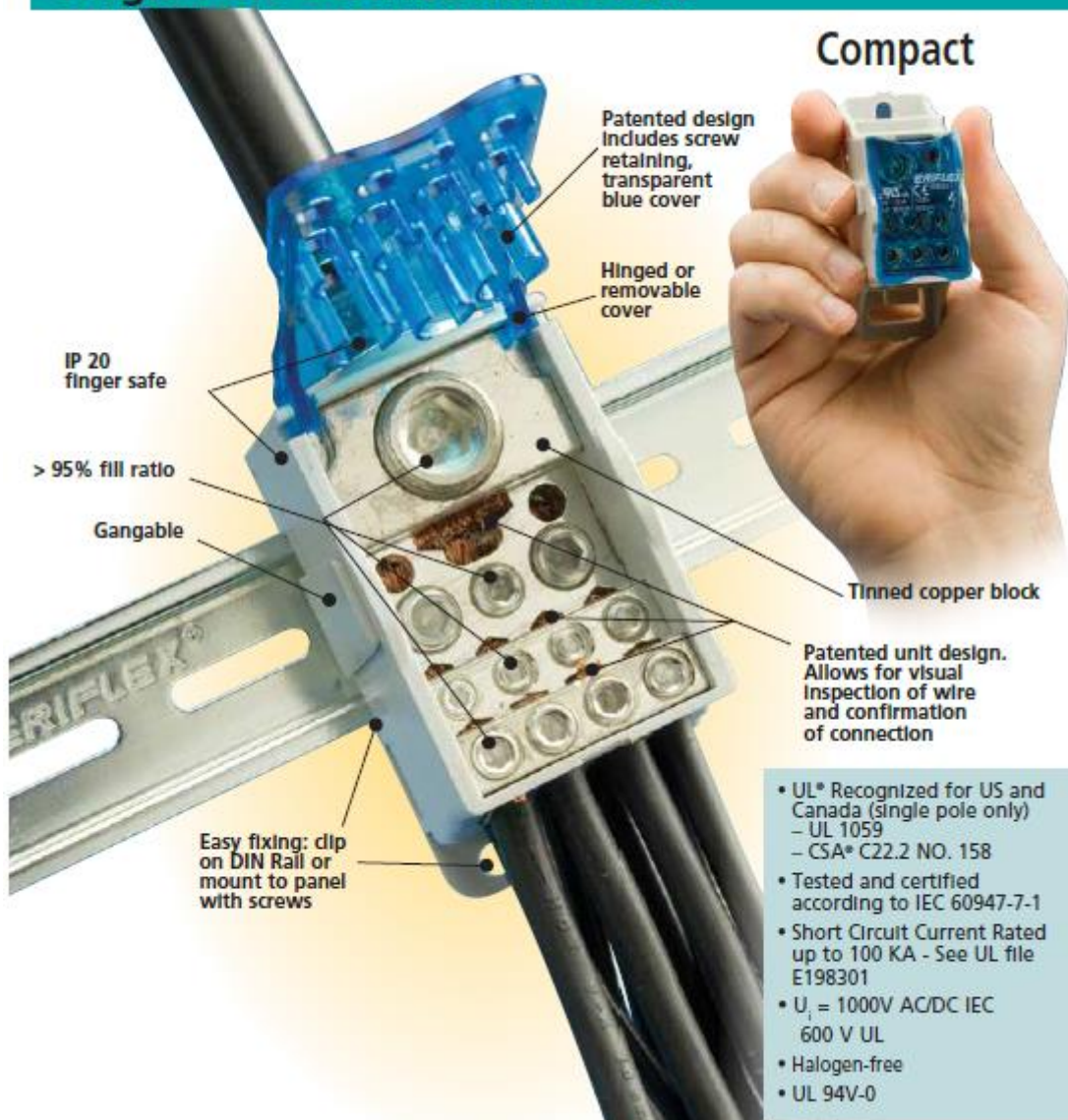


Figura A - 8. Especificaciones técnicas Bornes repartidores Linewll

Fuente: Extraído de Linkewell Electric, <http://www.linkwell.org>.

3.1 Ratings

Model	Utilization category	Ui (V)	Ue (V~)	Conventional heating current (A)	Ie (A)	Controlled power (kW)
NCH8-20	AC-1,AC-7a	500	230	20	20	4
NCH8-20	AC-7b	500	230	20	9	1.2
NCH8-40	AC-1,AC-7a	500	400	40	40	40
NCH8-63	AC-1,AC-7a	500	400	63	63	40

3.2 Making and breaking capacity

Model	Utilization category	Making and breaking conditions			Electrification time (s)	Interval time (s)	Operating cycle times
		Ic/Ie	Ur/Ue	COS ϕ			
NCH8-20	AC-1,AC-7a	1.5	1.05	0.8	0.05	10	50
NCH8-20	AC-7b	8	1.05	0.45	0.05	10	50
NCH8-63	AC-1,AC-7a	1.5	1.05	0.8	0.05	10	50

3.3 Conventional Operating Performances

3.3.1 Conventional operating performances of NCH8-20

Utilization category	Making conditions			Breaking conditions			Electrification time (s)	Interval time (s)	Operating frequency
	I/Ie	U/Ue	COS ϕ	Ic/Ie	Ur/Ue	COS ϕ			
AC-1	1.0	1.05	0.8	1.0	1.05	0.8	0.05	10	6000
AC-7a	1.0	1.05	0.8	1.0	1.05	0.8	0.05	10	30000
AC-7b	6.0	1.0	0.45	1.0	0.17	0.45	0.05	10	30000

3.3.2 Conventional operating performances of NCH8-40/63

Utilization category	Making and breaking conditions			Electrification time (s)	Interval time (s)	Operating frequency
	Ic/Ie	Ur/Ue	COS ϕ			
AC-1	1.0	1.05	0.8	0.05	10	6000
AC-7a	1.0	1.05	0.8	0.05	10	30000

3.4 Conventional heating current under different ambient temperature

Rated current	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Ie=20A	20A	18A	16A	14A
Ie=40A	40A	38A	36A	32A
Ie=63A	63A	57A	50A	46A

3.5 Number of appended lamps with voltage up to 230V

Tungsten filament and halogen 230V									
Unit power	40W	60W	75W	100W	150W	200W	300W	500W	1000W
20A	45	35	29	22	14	12	8	5	2
40A	118	87	72	52	36	26	18	11	7
63A	150	112	95	70	47	34	25	15	8

3.6 Number of appended lamps with voltage up to 12V

Tungsten filament and halogen 230V					
Unit power	40W	60W	75W	100W	150W
20A	18	12	10	8	5
40A	45	29	25	20	15
63A	62	40	33	27	18

Figura A - 9. Especificaciones técnicas de contactor Chint NCH8-20

Fuente: Extraído de Chint Electric, <http://www.chint.co.uk>.