



**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

---

REDISEÑO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE FUERZA E ILUMINACIÓN PARA  
UNA EMPRESA DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE QUITO.

---

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor(a)**

Yanacallo Tipantiza Franklin Rene

**Tutor(a)**

MSc. Segura D Rouville Juan Joel

QUITO– ECUADOR  
2024

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL  
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Franklin Rene Yanacallo Tipantiza, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “rediseño de los circuitos eléctricos de fuerza e iluminación para una empresa de refrigeración industrial en la ciudad de Quito”, como requisito para optar al grado de ingeniero industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 17 días del mes de octubre de 2025, firmo conforme:

Autor: Franklin Yanacallo

Firma:

Número de Cédula: 1501217804

Dirección: Pichincha, Quito, Pifo, Barrio Calluma

Correo Electrónico: fyanacallo@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0983109016

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “REDISEÑO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE FUERZA E ILUMINACIÓN PARA UNA EMPRESA DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE QUITO.” presentado por Yanacallo Tipantiza Franklin Rene, para optar por el Título de ingeniero industrial.

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 17 de octubre del 2025

.....

Mgtr. Segura D Rouville Juan Joel

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de ingeniero industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 17 de octubre del 2025

.....  
Franklin Rene Yanacallo Tipantiza  
1501217804

## APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “REDISEÑO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE FUERZA E ILUMINACIÓN PARA UNA EMPRESA DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE QUITO.” previo a la obtención del Título de ingeniero industrial reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 17 de octubre de 2025

.....

MSc. Christian Iza

.....

MSc. Fabian Sarmiento Ortiz

## **DEDICATORIA**

En el 2020 empezó este camino académico, cuando se los mencione a mis padres me dijeron que lo haga si es un sueño que quiero cumplir que ellos me apoyarían, hoy quiero dedicar el presente trabajo a mis padres, quien me enseñaron la importancia del estudio y la perseverancia para llegar a cumplir mis metas, esta tesis es la prueba fiel que con sacrificio, esfuerzo y apoyo se pueden lograr cumplir cada propósito de vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer primero a Dios, quien en medio de cada caída me levantaba dándome fuerzas para continuar con mi objetivo, quiero agradecer también a mis padres por su apoyo brindado en este largo camino que hoy llega a su fin, también quiero expresar un agradecimiento sin cero a las personas que me rodean, quienes me brindaron su apoyo emocional para seguir adelante, por último, agradezco a la organización que me brinda la apertura para realizar mi tema de titulación.

## INDICE DE CONTENIDOS

### Contenido

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR .....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I .....	1
Introducción .....	1
<i>Antecedentes:</i> .....	3
<i>Marco teórico</i> .....	6
<i>Justificación:</i> .....	7
Objetivos: .....	9
Objetivo general: .....	9
CAPÍTULO II.....	10
Ingeniería del Proyecto.....	10
Diagnóstico de la situación actual de la empresa .....	10
Área de estudio .....	32
Modelo operativo.....	33
Propuesta y resultados esperados .....	34
Desarrollo de la propuesta .....	34
Determinación del número de paneles solares conectados en serie .....	69
Determinación del número de paneles en paralelo.....	70
Voltaje de arreglo .....	72
Corriente de arreglo .....	72
Cálculo de los arreglos .....	72
Conductores:.....	73
Conductores y breaker de conexión entre paneles solares .....	73
Conductor y breaker para la salida del inversor. ....	74

Cálculo de batería .....	75
Área transversal del conductor .....	79
Área total ocupada por los conductores.....	79
Área útil de la bandeja .....	79
Resultados .....	101
Cronograma de trabajo .....	103
Análisis de costos .....	104
Cálculo del VAN y el TIR.....	109
CAPÍTULO IV.....	113
Conclusiones y Recomendaciones .....	113
Conclusiones:.....	113
Recomendaciones: .....	115
BIBLIOGRAFIA .....	116
ANEXOS .....	119

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	5
Tabla 2.....	12
Tabla 3.....	27
Tabla 4.....	27
Tabla 5.....	28
Tabla 6.....	32
Tabla 7.....	36
Tabla 8.....	38
Tabla 9.....	38
Tabla 10.....	41
Tabla 11.....	43
Tabla 12.....	44
Tabla 13.....	46
Tabla 14.....	48
Tabla 15.....	49
Tabla 16.....	49
Tabla 17.....	50
Tabla 18.....	51
Tabla 19.....	52
Tabla 20.....	53
Tabla 21.....	54
Tabla 22.....	55
Tabla 23.....	56
Tabla 24.....	60
Tabla 25.....	64
Tabla 26.....	67
Tabla 27.....	76
Tabla 28.....	80
Tabla 29.....	95
Tabla 30.....	97
Tabla 31.....	98
Tabla 32.....	104
Tabla 33.....	105
Tabla 34.....	106
Tabla 35.....	107
Tabla 36.....	107
Tabla 37.....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> .....	10
<b>Figura 2</b> .....	11
<b>Figura 3</b> .....	13
<b>Figura 4</b> .....	14
<b>Figura 5</b> .....	15
<b>Figura 6</b> .....	17
<b>Figura 7</b> .....	18
<b>Figura 8</b> .....	18
<b>Figura 9</b> .....	19
<b>Figura 10</b> .....	19
<b>Figura 11</b> .....	19
<b>Figura 12</b> .....	20
<b>Figura 13</b> .....	20
<b>Figura 14</b> .....	20
<b>Figura 15</b> .....	21
<b>Figura 16</b> .....	21
<b>Figura 17</b> .....	21
<b>Figura 18</b> .....	22
<b>Figura 19</b> .....	22
<b>Figura 20</b> .....	23
<b>Figura 21</b> .....	23
<b>Figura 22</b> .....	23
<b>Figura 23</b> .....	24
<b>Figura 24</b> .....	24
<b>Figura 25</b> .....	25
<b>Figura 26</b> .....	25
<b>Figura 27</b> .....	25
<b>Figura 28</b> .....	26
<b>Figura 29</b> .....	26
<b>Figura 30</b> .....	31
<b>Figura 31</b> .....	33
<b>Figura 32</b> .....	35
<b>Figura 33</b> .....	45
<b>Figura 34</b> .....	46
<b>Figura 35</b> .....	57
<b>Figura 36</b> .....	58
<b>Figura 37</b> .....	58
<b>Figura 38</b> .....	58
<b>Figura 39</b> .....	59
<b>Figura 40</b> .....	59
<b>Figura 41</b> .....	59
<b>Figura 42</b> .....	60
<b>Figura 43</b> .....	60
<b>Figura 44</b> .....	62
<b>Figura 45</b> .....	63

<b>Figura 46</b> .....	63
<b>Figura 47</b> .....	68
<b>Figura 48</b> .....	69
<b>Figura 49</b> .....	78
<b>Figura 50</b> .....	80
<b>Figura 51</b> .....	82
<b>Figura 52</b> .....	83
<b>Figura 53</b> .....	84
<b>Figura 54</b> .....	85
<b>Figura 55</b> .....	85
<b>Figura 56</b> .....	86
<b>Figura 57</b> .....	87
<b>Figura 58</b> .....	87
<b>Figura 59</b> .....	88
<b>Figura 60</b> .....	88
<b>Figura 61</b> .....	89
<b>Figura 62</b> .....	89
<b>Figura 63</b> .....	90
<b>Figura 64</b> .....	92
<b>Figura 65</b> .....	92
<b>Figura 66</b> .....	94
<b>Figura 67</b> .....	103
<b>Figura 68</b> .....	111
<b>Figura 69</b> .....	112

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> .....	119
<b>Anexo 2</b> .....	119
<b>Anexo 3</b> .....	120
<b>Anexo 4</b> .....	121
<b>Anexo 5</b> .....	122
<b>Anexo 6</b> .....	123
<b>Anexo 7</b> .....	124
<b>Anexo 8</b> .....	125
<b>Anexo 9</b> .....	126
<b>Anexo 10</b> .....	127
<b>Anexo 11</b> .....	128

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: REDISEÑO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE FUERZA E ILUMINACIÓN PARA UNA EMPRESA DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE QUITO**

**AUTOR(A):** Franklin Rene Yanacallo Tipantiza

**TUTOR (A):** MSc. Segura D Rouville Juan Joel

**RESUMEN EJECUTIVO**

La presente investigación se realiza en una empresa industrial de Quito dedicada a la instalación y arrendamiento de cámaras de frío. En la misma se aprecia deficiencias en el sistema eléctrico actual, las cuales representan un riesgo operativo, ya que ante un corte de energía el producto almacenado podría sufrir estrés térmico, generando pérdidas económicas para los arrendatarios. Por lo cual, se propone el rediseño de los circuitos de fuerza e iluminación mediante la aplicación de normas técnicas, con el propósito de garantizar un funcionamiento adecuado y eficiente de la red. Inicialmente se realiza un levantamiento de la carga total instalada, tomando en consideración los futuros incrementos de la misma; conjuntamente se evalúa la capacidad necesaria del transformador para el servicio de la instalación. Se utiliza el software Dialux con la finalidad de realizar el diseño y ubicación de las luminarias correspondientes a la red de alumbrado interior. Posteriormente se propone una fuente de respaldo energético basada en paneles solares fotovoltaicos con la finalidad de ser utilizada el horario de pico nocturno y de esta forma reducir los costos por electricidad. Finalmente se aplica el sistema de monitoreo Sitrad en las cámaras frías, permitiendo un registro real de las variaciones de temperatura en su interior con la finalidad de identificar posibles anomalías en el sistema. Se obtiene como resultado que la capacidad requerida por el transformador considerando los incrementos de carga y el reemplazo de equipos de enfriamiento por unos más eficiente coincide con la capacidad actual de 150kVA. De un total de 22 áreas solamente en 10 no se cumple el nivel de iluminación indicado en la norma europea 1246-1:2021. Se concluye que la capacidad del transformador requerido es de 150kVA, 8 circuitos de alumbrado, 4 circuitos de tomacorriente y 16 circuitos especiales. La inversión estimada asciende a \$306.933,69 para la opción con baterías y \$247.989,93 sin baterías. Los indicadores financieros (VAN y TIR) demuestran que las 2 alternativas son rentables, quedando a decisión de la empresa la implementación del banco de baterías.

**DESCRIPTORES:** cámaras de frío, eficiencia energética, rediseño eléctrico, sistema fotovoltaico, sistema de monitoreo.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TEMA: REDESIGN OF ELECTRICAL POWER AND LIGHTING CIRCUITS FOR AN INDUSTRIAL REFRIGERATION COMPANY IN THE CITY OF QUITO**

**AUTOR (A):** Yanacallo Tipantiza Franklin Rene

**TUTOR (A):** MSc. Segura D Rouville Juan Joel

### **ABSTRACT**

This research is being conducted at an industrial company in Quito dedicated to the installation and leasing of cold storage chambers. The report reveals deficiencies in the current electrical system, which represent an operational risk, since in the event of a power outage, the stored product could suffer thermal stress, generating economic losses for tenants. Therefore, the redesign of the power and lighting circuits is proposed by applying technical standards, with the aim of ensuring proper and efficient operation of the network. Initially, a survey of the total installed load is carried out, taking into account future increases; at the same time, the necessary transformer capacity to service the facility is also evaluated. Dialux software is used to design and position the lighting fixtures for the interior lighting network. Subsequently, a backup energy source based on photovoltaic solar panels is proposed for use during peak nighttime hours, thereby reducing electricity costs. Finally, the Sitrad monitoring system is applied in cold rooms, allowing real-time recording of temperature variations within them in order to identify possible anomalies in the system. The result is that the capacity required by the transformer, considering load increases and the replacement of cooling equipment with more efficient units, matches the current capacity of 150kVA. Of a total of 22 areas, only 10 do not comply with the lighting level specified in European standard 1246-1:2021. It is concluded that the required transformer capacity is 150 kVA, 8 lighting circuits, 4 outlet circuits, and 16 special circuits. The estimated investment amounts to \$306,933.69 for the battery option and \$247,989.93 for the non-battery option. Financial indicators (NPV and IRR) demonstrate that both alternatives are profitable, leaving the decision on whether to implement the battery bank up to the company.

**KEYWORDS:** cold storage rooms, electrical redesign, energy efficiency, monitoring system, photovoltaic system

**FIRMA Y SELLO DEPARTAMENTO DE IDIOMAS Anexo 11**

# CAPÍTULO I

## Introducción

En la actualidad, el crecimiento industrial y el aumento de la demanda energética a nivel mundial ha impulsado la necesidad de optimizar los sistemas eléctricos garantizando la eficiencia, sostenibilidad y seguridad operativa. La eficiencia energética en la industria contribuye a desvincular el crecimiento económico del impacto ambiental, a la vez que reduce la intensidad energética industrial y mejora la competitividad.

La industria es responsable de más de un tercio del consumo mundial de energía primaria y de las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la energía. Se estima que el uso industrial de energía crecerá a una tasa anual de entre el 1,8 % y el 3,1 % durante los próximos 25 años.

En los países en desarrollo y con economías en transición, la proporción del suministro energético (excluyendo el transporte) que requiere la industria puede alcanzar el 50 %. Esto suele generar tensión entre los objetivos de desarrollo económico y las limitaciones del suministro energético.

Aun así, a nivel mundial, la eficiencia con la que la industria utiliza su energía está muy por debajo del óptimo técnicamente viable y económico. Se ha estimado que la industria tiene el potencial técnico para reducir su intensidad energética y sus emisiones hasta en un 26 % y un 32 % respectivamente, lo que supone una sorprendente reducción del 8 % y del 12,4 % respectivamente en el consumo total mundial de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Mejorar la eficiencia energética en la industria es una de las medidas más rentables para ayudar a los países en desarrollo y emergentes con limitaciones de suministro a satisfacer su creciente demanda de energía y aflojar el vínculo entre el

crecimiento económico y la degradación ambiental, como el cambio climático. (United Nations Industrial Development Organization)(UNIDO), 2021)

A nivel nacional, la cadena de frío para la conservación de alimentos se convierte en un componente crítico en la cadena de suministro de productos lácteos, cárnicos, pulpas etc. La refrigeración industrial es un componente esencial para garantizar la conservación de estos productos perecibles, lo que exige un correcto funcionamiento continuo y fiable de las instalaciones eléctricas de fuerza e iluminación que alimentan a equipos como evaporadores, compresores y sistemas de automatización.

En Ecuador representa una parte considerable del consumo energético nacional. Sin embargo, muchas de las instalaciones operan con sistemas eléctricos obsoletos que no cumplen con las normativas actuales, lo que resulta en ineficiencia y riesgos operativos.

El gobierno del Ecuador, a través del Ministerio de (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, s.f.) (MEER) implementó el Proyecto de Eficiencia Energética para la Industria (EEI) con el objetivo de promover mejoras en la eficiencia energética de la industria ecuatoriana, desarrollando estándares nacionales de gestión de energía y aplicando metodologías de optimización de sistemas en procesos industriales.

En 2018, a través del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda y la (Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2018) (NEC), establece las especificaciones y requisitos técnicos mínimos a cumplir en el diseño y ejecución de instalaciones eléctricas interiores con el cual se pretende prevenir, minimizar o eliminar los riesgos de origen eléctrico, garantizando condiciones de seguridad para las personas y equipos instalados. (p. 1)

En 2021, (Gomez, 2021) menciona que, desde una perspectiva económica, las inversiones en eficiencia energética que realiza una empresa representan un equilibrio entre destinar a una inversión una cantidad conocida (cierta) de recursos de capital y alcanzar menor costos operativos en el futuro, sujetos a un determinado nivel de incertidumbre. (p. 17)

Este trabajo se enfoca en el rediseño de los circuitos eléctricos de fuerza e iluminación para una empresa de refrigeración industrial ubicada en la ciudad de Quito, esta empresa presenta una infraestructura eléctrica que, por su antigüedad y crecimiento operativo, no cumple con los estándares técnicos para garantizar la seguridad de los equipos y el personal. Además, esta empresa desempeña un papel fundamental en la conservación de alimentos y otros productos sensibles a la temperatura, lo que requiere sistemas eléctricos confiables y eficientes.

Por lo tanto, el presente estudio se enfoca en el análisis, diagnóstico y propuesta del rediseño de estos sistemas, que optimice el consumo energético, minimizando riesgos y garantizando sostenibilidad operativa.

Además, el enfoque metodológico de este estudio contara con un análisis detallado del consumo energético actual, identificando los puntos críticos a corregir con la finalidad de aumentar la carga eléctrica de manera eficiente permitiendo a la empresa su crecimiento cumpliendo las normativas eléctricas vigentes que resultara de un sistema eléctrico rediseñado.

#### *Antecedentes:*

La empresa tiene como principal labor el servicio de instalaciones de cuartos fríos y sistema de climatización HVAC, adicional a este servicio se suma el arrendamiento de cámaras de frio teniendo en la planta 8 cuartos fríos, con un total de 12 unidades condensadoras para el almacenamiento de productos no perecibles. Sin

embargo, se ha identificado que la instalación eléctrica actual presenta limitaciones operativas derivadas de su antigüedad, crecimiento progresivo sin planificación, sobrecargas frecuentes y falta de documentación técnica actualizada incrementando el riesgo de sobrecalentamiento y pérdidas de energía.

(Normativa Ecuatoria de la Construcción, 2018) (NEC) establece que las instalaciones eléctricas deben garantizar la seguridad de las personas frente a los riesgos relacionados con el uso de la electricidad, al mismo tiempo que cumplen con estándares de calidad que aseguren la continuidad del servicio. Esta norma proporciona directrices para el diseño de sistemas de iluminación y energía, así como requisitos mínimos para la renovación de estas instalaciones.

Se cuenta con trabajos de titulación acorde al tema a tratar el cual se cita a continuación:

El trabajo elaborado por (Vera, 2024) quien realiza el rediseño de la red eléctrica de bajo voltaje para una empresa textil mediante el uso de la normativa NEC y UNE 12464-1, la cual sirve como guía para determinar los parámetros de rediseño de los circuitos en la organización.

En la misma se determinan las áreas prioritarias que debería tener una fuente de energía renovable para esto se tomará como referencia el trabajo realizado por (Ramón, 2024) quien realiza el diseño de un sistema de energía renovable identificando las zonas más críticas de un hospital.

En la **Tabla 1** se presenta un estudio preliminar del levantamiento de carga realizado hace un año por el área técnica de la empresa, se determina la corriente nominal por equipos, se verifica que las acometidas están sub dimensionadas generado caídas de tensión repentinas, adicional que no se cuenta con una correcta distribución de las cargas provocando un desbalanceo entre las fases. Por ello se ha puesto de manifiesto la necesidad urgente de realizar una intervención en la red eléctrica,

asegurando el cumplimiento de normativas tales como la NTE INEN 2003:2011. Por esta razón, el presente trabajo se enfoca en desarrollar una propuesta técnica de rediseño eléctrico que mejore el rendimiento energético, garantice la seguridad operativa y asegure la continuidad del servicio, todo ello alineado con los estándares técnicos nacionales e internacionales.

**Tabla 1**

*Levantamiento de carga*

PLANILLA PARA LA DETERMINACION DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO									
APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO									
ENGLON	DESCRIPCION	CANT.	PN (w)	FFUn (%)	CIR (w)	FSn (%)	DMU (w)		
1	2	3	4	5	6	7	8		
1	CAMARA FRIA B-8/ 3HP	2	3260	100	6520	29,64	100	6520	
2	CAMARA FRIO 8-A/6 HP	1	7761	100	7761	35,28	100	7761	
3	CAMARA FRIA 1	1	3680	100	3680	16,73	100	3680	
4	CAMARA FRIA 2	1	5840	100	5840	26,55	100	5840	
5	CAMARA FRIA 3	1	4780	100	4780	21,73	100	4780	
7	CAMARA 4,5	2	4800	100	9600	43,64	100	9600	
8	BODEGA LUCES	11	36	100	396	3,60	33	130,68	
9	CIERRA CIRCULAR 1	1	2200	100	2200	20,00	8	176	
10	CIERRA CIRCULAR 2	1	1600	100	1600	14,55	25	400	
11	TALADRADORA	1	880	100	880	8,00	13	114,4	
12	SOLDADORA	1	1300	100	1300	11,82	8	104	
13	CAMARA NUEVA	2	6808	100	13616	61,89	100	13616	
14	COMPUTADORAS DE ESCRITC	5	120	100	600	5,45	33	198	
15	PORTATILES	8	135	100	1080	9,82	8	86,4	
16	LAMPARAS OFICINA	9	24	100	216	1,96	33	71,28	
17	IMPRESORA	1	1584	100	1584	14,40	8	126,72	
18	COCINA TUBOS FLUORESENTI	4	18	100	72	0,65	1	0,72	
19	BAÑOS TUBOS FLUORESENTE	4	18	100	72	0,65	1	0,72	
20	FOCOS RECEPCION	4	30	100	120	0,55	33	39,6	
21	DISPENSADOR DE AGUA	1	570	100	570	5,18	17	96,9	
22	TV. EDWIN	1	444	100	444	4,04	25	111	
23	EQUIPO DE SONIDO EDWIN	1	370	100	370	3,36	25	92,5	
24	TV. EDWIN	1	177	100	177	1,61	25	44,25	
25	REFRIGERADOR EDWIN	1	780	100	780	7,09	50	390	
26	MICRONDAS EDWIN	1	1000	100	1000	9,09	13	130	
27	SECADORA EDWIN	1	5980	100	5980	54,36	8	478,4	
28	LAVADORA EDWIN	1	300	100	300	2,73	8	24	
<b>TOTALES:</b>					<b>71544</b>	<b>414,36</b>		<b>54621</b>	
<b>Factor de potencia FP</b>		<b>0,85</b>		<b>Factor de demanda FDM=DMU(w)/CIR(w)</b>		<b>0,76</b>			
<b>DMU (KVA) :</b>		<b>64,26</b>		<b>Demanda requerida:</b>					
<b>Ti (%) :</b>		<b>1,00</b>		<b>Capacidad Transformador:</b>					
<b>(1+Ti/100)^10 :</b>		<b>1,10</b>							
<b>DMUp (KVA) :</b>		<b>70,98</b>							
<b>CORRIENTE (A) MONOFASICA</b>		<b>295,76 A</b>							
<b>MEDIDOR REQUERIDO:</b>		<b>TRIFASICO</b>							
<b>CORRIENTE (A) TRIFASICA</b>		<b>197,17 A</b>							

Nota: estudio de carga realizado por el personal de la empresa

## *Marco teórico*

Una empresa que proporciona servicio de alquiler de cámaras frigoríficas debe asegurarse de que su infraestructura satisfaga completamente las necesidades de sus usuarios, garantizando que los productos almacenados se conserven en condiciones óptimas. Para lograr esto, es esencial que los sistemas eléctricos de las instalaciones estén bien diseñados, lo que permitirá que los equipos de refrigeración, iluminación y control funcionen de manera continua y segura.

Un diseño deficiente puede resultar en caídas de voltaje, sobrecargas o fallas en los sistemas, lo que amenazaría la calidad de los productos, ocasionando pérdidas económicas y poniendo en riesgo la imagen de la empresa. Si se encuentran problemas, es necesario rediseñar el sistema eléctrico, teniendo en cuenta la demanda real, la eficiencia energética y la inclusión de protecciones que aseguren un funcionamiento estable.

Además, es crucial que todo el sistema se ajuste a las normas técnicas y de seguridad actuales, garantizando no solo la adecuada conservación de los productos a las temperaturas correctas, sino también la continuidad del servicio y la confianza de los clientes.

Cuartos fríos: son espacios especialmente diseñados para el almacenamiento y conservación de productos perecederos a bajas temperaturas. Construidos con materiales aislantes, estos cuartos están dotados de sistemas de refrigeración que permiten mantener un control preciso de la temperatura y la humedad en su interior. (Díaz, 2023)

Sistemas de refrigeración; son adaptaciones mecánicas que se fundamentan en propiedades termodinámicas. Estos sistemas facilitan la transferencia de energía entre

los cuerpos involucrados en el proceso; el calor se mueve del elemento a mayor temperatura hacia aquel con menor temperatura.

Para lograr una eficaz diferencia de temperatura, es fundamental utilizar un material aislante que minimice el flujo de calor. Además, se requiere un fluido que se encargue de extraer el calor, comúnmente conocido como líquido refrigerante. (Padilla y Urbina , 2022, p. 7)

Instalación eléctrica: “es el proceso de instalar un circuito y equipos eléctricos necesarios para la distribución y el uso de electricidad desde el elemento del fabricante hasta el elemento de consumo. Este tipo de equipo incluye diferentes tipos de cables, interruptores y otros dispositivos”. (Eligenio, 2022)

Demanda: “Es la potencia requerida por un sistema eléctrico, o parte de él, promediada en un intervalo de tiempo determinado”. (Normativa Ecuatoria de la Construcción, 2018) “Un buen diseño eléctrico ayuda a prevenir riesgos eléctricos como descargas eléctricas, incendios entre otros.

Para minimizar el riesgo de sobrecargas, se debe contar con una conexión a tierra, aislamiento y protección de circuitos adecuados”. (Ronika, 2024) Al no contar con un buen diseño inicial, se debe realizar un rediseño el cual abarque todas las condiciones ideales para un correcto aprovechamiento del suministro eléctrico.

#### *Justificación:*

Este trabajo de rediseño de los circuitos eléctricos de fuerza e iluminación en la empresa es muy **importante** para asegurar el funcionamiento continuo de las cámaras de refrigeración industrial de la planta. Asimismo, un sistema eléctrico moderno y adecuadamente diseñado no solo mejora la seguridad del personal técnico y operativo, sino que también protege los equipos electromecánicos.

El desarrollo de esta propuesta busca tener un **impacto** significativo ya que le permitirá optimizar el consumo de energía y garantizar una correcta distribución de las cargas para prevenir accidentes derivados de conexiones inadecuadas.

Este estudio es de gran **utilidad** para la empresa debido a que mejorara, el suministro de energía eléctrica evitando caídas de tensión y calentamiento de los conductores por el efecto Joule.

Los principales **beneficiarios** de esta iniciativa serán la empresa, así como sus empleados técnicos y operativos, además de los clientes que dependen de una adecuada conservación de sus productos. Con la elaboración de este estudio se pretende un ahorro en el consumo de energía eléctrica debido al calculo que se realizara para un correcto dimensionamiento y balanceo de las cargas.

El proyecto se considera **factible**, pues se cuenta con la apertura por parte de la alta directiva de la organización para la realización del mismo. Además, es viable técnicamente su realización al contar con los medios y recurso necesarios dirigidos a un buen término de esta. Tales como, herramientas de simulación y software de diseño eléctrico, como AutoCAD, DIALux, y Cade Simu, que permiten validar la propuesta de rediseño basándose en cálculos precisos y normativas aplicables.

**Objetivos:*****Objetivo general:***

- Rediseñar los circuitos de fuerza e iluminación de una empresa industrial mediante la aplicación de normas técnicas, con el propósito de garantizar un funcionamiento adecuado y eficiente de la red.

**Objetivos Específicos:**

- Realizar un levantamiento de la carga eléctrica actual de fuerza, mediante la identificación de los parámetros nominales de cada equipo, con la finalidad de conocer la totalidad de la misma.
- Proponer el rediseño de la red eléctrica de fuerza y alumbrado en base al layout actualizado de la empresa, mediante la aplicación de la norma NEC, el software Dialux, AutoCAD para asegurar una instalación segura, funcional y energéticamente eficiente.
- Establecer estrategias de eficiencia energética en la organización, mediante la detección de oportunidades de ahorro, para reducir el consumo eléctrico.

## CAPÍTULO II

### Ingeniería del Proyecto

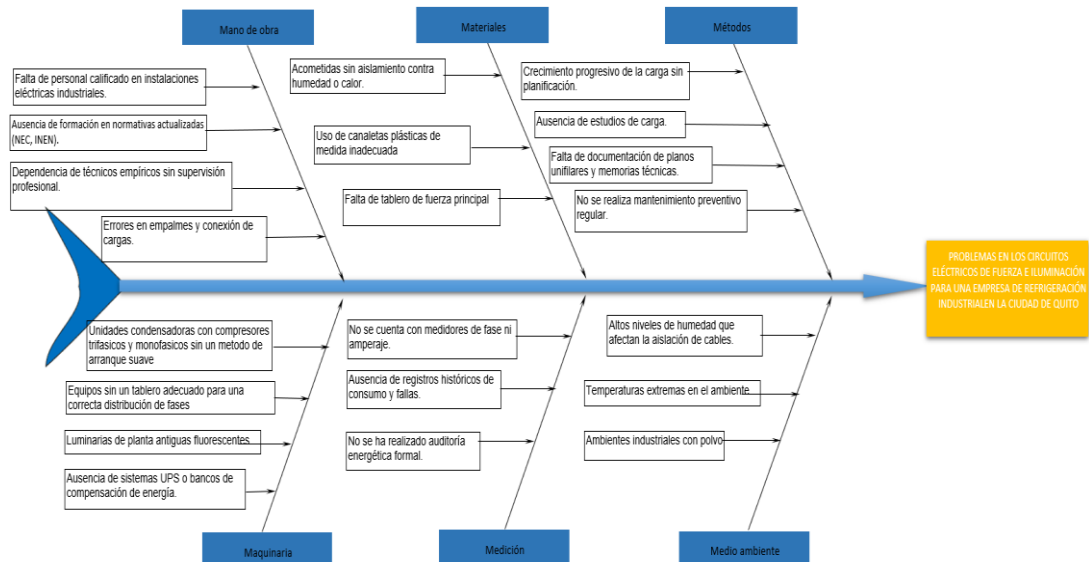
#### *Diagnóstico de la situación actual de la empresa*

El principal rol de la empresa es la instalación y mantenimiento de cámaras de refrigeración y sistemas HVAC, para lo cual se cuenta con un taller, donde se realizan los trabajos de fabricación de perfiles, estructuras, puertas entre otros. Otro servicio que presta es el arrendamiento de cuartos frío para conservación de productos como, carne, pulpas, lácteos entre otros. Teniendo así 8 cámaras frías con un total de 13 equipos, distribuidos entre el parqueadero y en la planta de taller.

Para describir la problemática se elaboró un diagrama de Ishikawa, el cual se aprecia en la **Figura 1**, y este aborda las 6 M para la identificación las causas que ocasionan problemas en la actual instalación eléctrica de la empresa.

**Figura 1**

#### *Diagrama Ishikawa*



Nota: el grafico representa el diagrama Ishikawa con la problemática

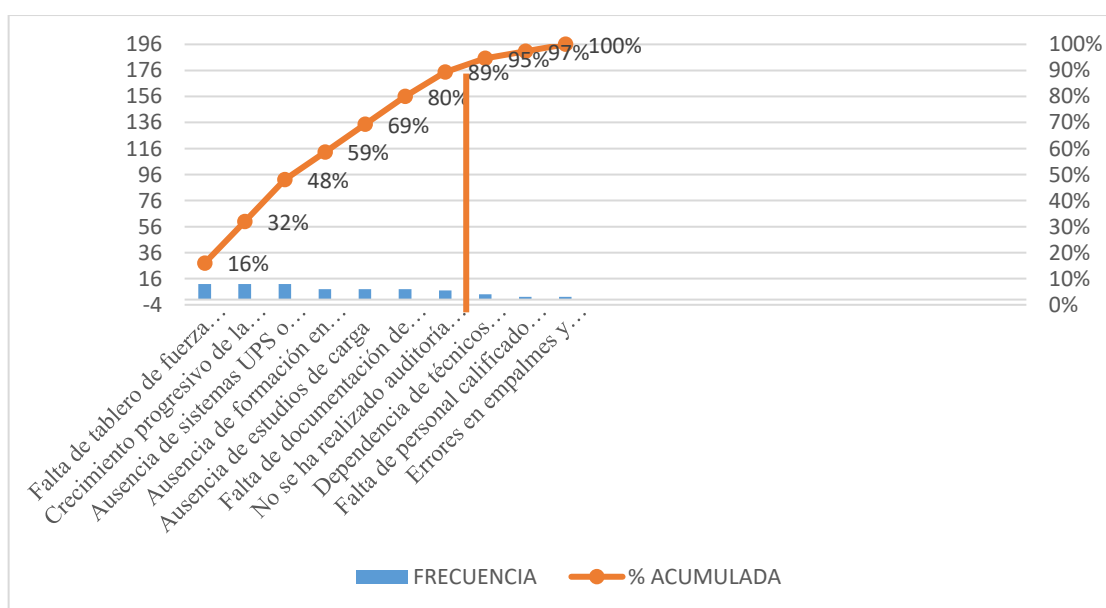
Una vez determinado la problemática en el diagrama de Ishikawa se realiza un diagrama de Pareto, en donde se muestra el análisis del diagrama el cual permitió identificar que el 80% de las principales causas asociadas a deficiencias en el sistema eléctrico se concentran en solo 10 factores tal como se muestra en la **Figura 2**.

Las más relevantes, con una frecuencia del 12% cada una, son: la ausencia de formación en normativas actualizadas (NEC), la falta de un tablero de fuerza principal, el crecimiento progresivo de la carga sin planificación, y la carencia de sistemas UPS o bancos de compensación de energía. Estas causas reflejan debilidades tanto en la infraestructura como en la gestión técnica y organizacional.

Estas deficiencias evidencian la necesidad de priorizar acciones correctivas orientadas a la capacitación del personal, la actualización del sistema eléctrico y la planificación técnica de la carga. Abordar estos aspectos contribuirá significativamente a reducir fallos, optimizar el rendimiento energético y mejorar la seguridad operativa de las instalaciones.

**Figura 2**

*Diagrama de Pareto*



Nota: elaborado por el autor.

Uno de los puntos en el resultado del análisis de Pareto es el desconocimiento de las norme NEC, por ende, se realiza una auditoria baso en la misma, para identificar los aspectos que se cumplen y no se cumplen para poner en conocimiento a la gerencia de la organización, esta auditoria se puede apreciar en la **Tabla 2**

**Tabla 2**

*Auditoria en base a la norma NEC ecuatoriana*

Capítulo NEC-SB-IE	Ítem de verificación	Cumple (Sí/No)	Observaciones
3. Principios Generales de Diseño	Las cargas especiales fueron identificadas y dimensionadas correctamente.	SI	
4. Circuitos	Se separaron los circuitos de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales.	SI	
4. Circuitos	Cada circuito tiene su neutro y protección independiente.	SI	
5. Calibre de Conductores	Conductores dimensionados al 125% de la carga máxima.	SI	
5. Calibre de Conductores	Se utilizaron secciones mínimas: 14 AWG (iluminación), 12 AWG (tomacorrientes), 10 AWG (cargas especiales).	SI	
5. Calibre de Conductores	El conductor de tierra cumple con Tabla No. 6 según protecciones.	NO	El calibre instalado es 8 AWG
6. Tablero de Distribución	Ubicación adecuada, accesible y seca.	NO	No se cuenta con tablero principal
6. Tablero de Distribución	Cuenta con diagrama unifilar interno y listado de circuitos.	NO	No existe documentación sobre diagramas
6. Tablero de Distribución	Balance de fases y salidas de reserva instaladas.	NO	Las fases no están equilibradas
6. Tablero de Distribución	Altura de instalación: 1,60 m desde el piso.	SI	
8. Puesta a Tierra	Cada tablero principal conectado a su propia varilla de tierra.	NO	Solo existe una puesta a tierra, pero no se cuenta con un tablero principal para su correcta distribución
8. Puesta a Tierra	Empalme entre barra de tierra y neutro solo en el tablero principal.	NO	No se cuenta con tablero principal

Capítulo NEC-SB-IE	Ítem de verificación	Cumple (Sí/No)	Observaciones
8. Puesta a Tierra	Cargas especiales y tomacorrientes con tierra independiente.	NO	No se cuenta con una barra para distribución de la puesta a tierra
10. Instalación (Interruptores, Tuberías, Cajetines)	Tuberías instaladas según tipo (PVC, metálicas).	SI	
11. Instalación de Conductores	Todos los conductores van dentro de tuberías (empotradas o sobrepuestas).	SI	
11. Instalación de Conductores	Identificación de fases con código de colores.	NO	No se utiliza código de colores la mayoría de la instalación está con un conductor de color negro

Nota: Esta auditoria es en base a los capítulos más relevantes considerados para este tema de titulación.

Mediante una revisión por parte del departamento de operaciones se evidenció que la acometía principal está instalada por un cable de calibre 1/0, el cual dependiendo al fabricante soporta un amperaje de 125 a 170 amperios, influyendo el factor de temperatura como se puede observar en la **Figura 3**.

### Figura 3

*Capacidad de amperaje de conductores*

AMPERAJE - CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Nivel de temperatura	60°C	75°C	90°C
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

Nota: Extraído de (Construyendo.co, 2018)

Se realizaron lecturas de amperaje evidenciando dichas tomas en el anexo 1 y el mayor amperaje registrado en cada fase 1.

Fase 1= 164 A

Fase 2=135,3 A

Fase 3= 103 A

Teniendo así, no solo un elevado consumo de corriente, sino que se evidencia un desbalance en las fases producto a una ineficiente distribución o a pérdidas por el efecto Joule en los conductores. Otro factor que influye en el diseño actual del sistema eléctrico es que, no se cuenta con un tablero de distribución principal, los conductores de salida del medidor hacia la planta se conectan mediante empalmes en un solo punto como se muestra en la **Figura 4**.

Esta conexión no permite una correcta distribución en las cargas, por ende, una fase se carga más con respecto a las otras, ya que se mezclan entre circuitos trifásicos a 220 v y monofásicos a 110 y 220 v.

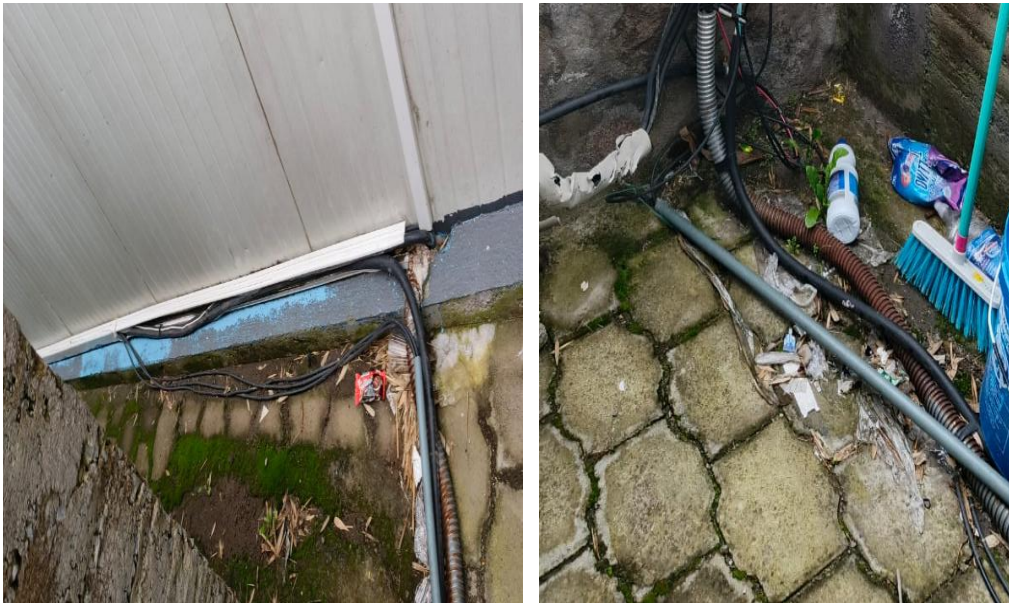
#### **Figura 4**

*Punto de conexión del medidor hacia toda la planta*



## Figura 5

### *Canaletas y tuberías en mal estado*



Se puede evidenciar el estado de las acometidas las cuales se encuentran en condiciones deplorables, como se en la **Figura 5** presentando corrosión en la tubería metálica y en las canaletas plásticas no cuentan con sus tapas, y sus dimensiones son pequeñas para la cantidad de conductores que almacena.

En la **Figura 4**, se evidencia los puntos de conexión de la acometida del medidor, estas conexiones deben ser reemplazados por un tablero de distribución principal el cual abarque las cargas actuales y las cargas futuras.

Otro de los factores es la carencia de un control central, en donde se pueda monitorear las temperaturas en tiempo real de cada una de las cámaras de frío, actualmente estas mediciones se realizan manualmente en un horario de 8:00 am, 12:00 pm y 17:00 pm.

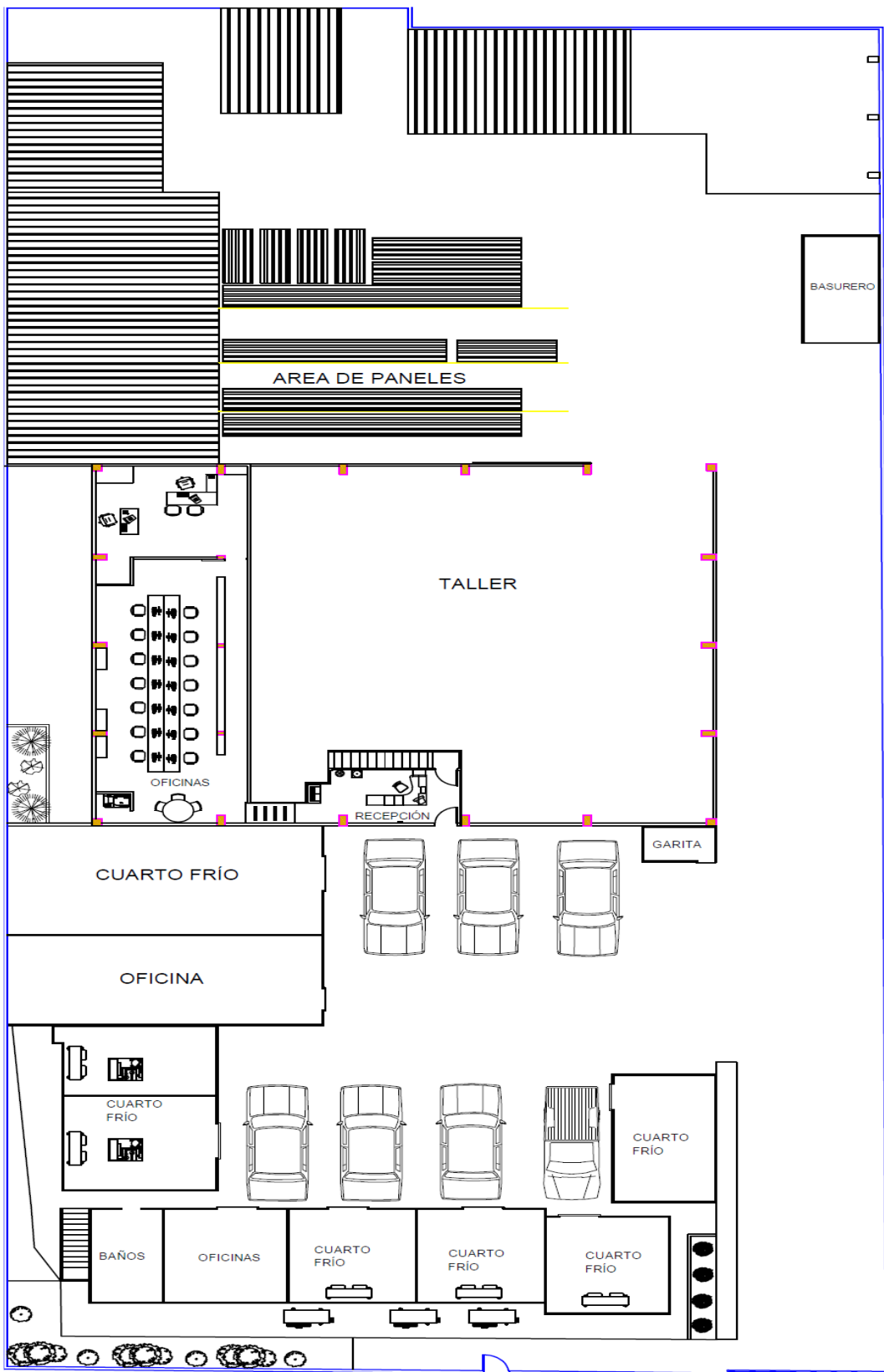
Esta toma de temperatura es realizada por el personal administrativo rotando una persona por semana, este tipo de lecturas no se puede considerar ideal, ya que por situaciones de trabajo que se realizan diariamente el personal puede olvidar la toma de

lecturas de temperatura o realizar la toma fuera del horario establecido, por lo que se puede decir que las temperaturas registradas no son cien por ciento reales. En el anexo dos se puede evidenciar el formato utilizado.

En la actualidad la empresa no cuenta con un plano o diagrama en donde se identifique la ubicación de luminarias, toma corrientes ni equipos, esto se puede ver en la **Figura 6**, por lo que es difícil identificar puntos deficientes en la red eléctrica al momento de presentarse una falla. Un diagrama de acuerdo con la (Normativa Ecuatoria de la Construcción, 2018, p. 2) es un “grafico que suministra información concisa y rápida de cómo está estructurada la instalación eléctrica”. Facilitando así los arreglos o la detención de fallas.

**Figura 6**

*Plano actual de la empresa*



Con la **Figura 6** se realiza el estudio actual de la iluminación de cada área de la empresa, para su elaboración de utilizar el software Dialux evo, el cual mediante un levantamiento arquitectónico permite realizar un modelado en 3 D, e insertar las luminarias y obtener los valores de lux requeridos por áreas. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

**Figura 7**

*Área de gerencia*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	234 lx	$\geq 300$ lx	✗	WP12
	$U_o (g_1)$	0.28	$\geq 0.40$	✗	WP12
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	19	$\leq 22$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	[480.03 - 576.00] kWh/a	máx. 1100 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.26 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.25 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 8**

*Baño gerencia*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	62.5 lx	$\geq 200$ lx	✗	WP13
	$U_o (g_1)$	0.19	$\geq 0.40$	✗	WP13
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	24	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	9.90 kWh/a	máx. 100 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	6.19 W/m <sup>2</sup>	-		
		9.91 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

## Figura 9

### Oficina

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\dot{E}_{\text{perpendicular}}$	224 lx	$\geq 500$ lx	✗	WP11
	$U_o (g_1)$	0.009	$\geq 0.60$	✗	WP11
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG,max}$	21	$\leq 19$	✗	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	990 kWh/a	máx. 3000 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	4.73 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.11 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

## Figura 10

### Área de copiadora

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\dot{E}_{\text{perpendicular}}$	66.0 lx	$\geq 300$ lx	✗	WP10
	$U_o (g_1)$	0.80	$\geq 0.40$	✓	WP10
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG,max}$	24	$\leq 19$	✗	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	1.62 kWh/a	máx. 100 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.34 W/m <sup>2</sup>	-		
		8.10 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

## Figura 11

### Área de recepción

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\dot{E}_{\text{perpendicular}}$	251 lx	$\geq 100$ lx	✓	WP14
	$U_o (g_1)$	0.54	$\geq 0.40$	✓	WP14
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	231 kWh/a	máx. 750 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.97 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.38 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

De acuerdo con los datos dados por el software Dialux evo, ponemos notar que, en el área administrativa de la empresa, como gerencia, baño gerencia, oficina y

copiadora no cuenta con los lux requeridos, la única área que cumple es el área de recepción tal como se puede apreciar en la **Figura 11**.

**Figura 12**

*Oficina cliente Naturisimo*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	215 lx	$\geq 100$ lx	✓	WP1
	$U_o$ (gr)	0.51	$\geq 0.40$	✓	WP1
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG,max}$	24	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	25.1 kWh/a	máx. 1050 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.30 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.46 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 13**

*Cámara 10 cliente naturisimo*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	215 lx	$\geq 100$ lx	✓	WP1
	$U_o$ (gr)	0.51	$\geq 0.40$	✓	WP1
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG,max}$	24	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	25.1 kWh/a	máx. 1050 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.30 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.46 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 14**

*Cámara 1 Cliente Sr. Cristian Romero*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	232 lx	$\geq 100$ lx	✓	WP2
	$U_o$ (gr)	0.46	$\geq 0.40$	✓	WP2
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG,max}$	24	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	25.1 kWh/a	máx. 950 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.78 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.49 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 15***Cámara 2 Cliente Tablita del Tartaro*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	232 lx	$\geq 100$ lx	✓	WP3
	$U_o (g_1)$	0.44	$\geq 0.40$	✓	WP3
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	23	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	25.1 kWh/a	máx. 950 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.74 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.48 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 16***Cámara 3 Cliente Transmarina*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	232 lx	$\geq 100$ lx	✓	WP4
	$U_o (g_1)$	0.45	$\geq 0.40$	✓	WP4
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	23	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	25.1 kWh/a	máx. 950 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.74 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.48 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 17***Cámara 4 Cliente Sr. Cristian Romero*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	237 lx	$\geq 100$ lx	✓	WP5
	$U_o (g_1)$	0.45	$\geq 0.40$	✓	WP5
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	23	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	25.1 kWh/a	máx. 900 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.94 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.50 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

En la planta alta, en la zona del parqueadero se tiene cámaras frías que albergan alimentos la carga y descarga de estos productos se hacen en el día y la noche, por lo que es recomendable que la iluminación sea la adecuada para realizar esta actividad, como se puede apreciar en la **Figura 12** a la **Figura 17** los valores de lux son los correctos para esta actividad.

Dialux evo maneja la norma (UNE 12464.1) norma europea para la iluminación de interiores, la cual indica que para un área de almacenaje y de frío los lux requeridos son de 100 lx tal como se puede observar en la **Figura 18**.

**Figura 18**

*Dialux evo Norma Europea 1246-1:2021*

**Figura 19**

*Comedor*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	243 lx	$\geq 200$ lx	✓	WP7
	$U_0 (g_1)$	0.40	$\geq 0.40$	✓	WP7
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	22	$\leq 22$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	415 kWh/a	máx. 900 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	6.24 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.57 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

## Figura 20

### *Pasillo baños*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	252 lx	$\geq 100$ lx	✓	WP9
	$U_o (g_1)$	0.65	$\geq 0.40$	✓	WP9
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	23	$\leq 28$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	167 kWh/a	máx. 300 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	18.12 W/m <sup>2</sup>	-		
		7.19 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

## Figura 21

### *Baño de hombres*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	233 lx	$\geq 200$ lx	✓	WP10
	$U_o (g_1)$	0.81	$\geq 0.40$	✓	WP10
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	24.7 kWh/a	máx. 100 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	15.65 W/m <sup>2</sup>	-		
		6.72 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

## Figura 22

### *Baño mujeres*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	234 lx	$\geq 200$ lx	✓	WP11
	$U_o (g_1)$	0.84	$\geq 0.40$	✓	WP11
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	24.7 kWh/a	máx. 100 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	16.36 W/m <sup>2</sup>	-		
		6.98 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

## Figura 23

### Archivero

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	169 lx	$\geq 300$ lx	✗	WP8
	$U_o$ (gr)	0.052	$\geq 0.40$	✗	WP8
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	23	$\leq 19$	✗	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	20.5 kWh/a	máx. 450 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	12.44 W/m <sup>2</sup>	-		
		7.37 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

En la segunda zona podemos observar que la cantidad de lux son los correctos en las áreas del comedor, pasillo y los baños, el único que no cumple con su cantidad de lux es en el área de archivo, ya que se necesita 300 lx para cumplir con la normativa y con las lámparas actuales solo se llega a 169 lx tal como se observa en la **Figura 23**.

## Figura 24

### Área de corte de lamina

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	168 lx	$\geq 200$ lx	✗	WP13
	$U_o$ (gr)	0.42	$\geq 0.60$	✗	WP13
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	25	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	342 kWh/a	máx. 1750 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	3.12 W/m <sup>2</sup>	-		
		1.85 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 25***Área de bodega*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	266 lx	$\geq 300$ lx	✗	WP3
	$U_0$ (g <sub>r</sub> )	0.060	$\geq 0.60$	✗	WP3
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	28	$\leq 25$	✗	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	4793 kWh/a	máx. 5200 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	6.19 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.33 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 26***Cámara 7 Cliente Tablita del tartaro*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	226 lx	$\geq 100$ lx	✓	WP4
	$U_0$ (g <sub>r</sub> )	0.42	$\geq 0.40$	✓	WP4
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	24	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	376 kWh/a	máx. 950 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.64 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.50 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 27***Cámara 8 Cliente Transmarina*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	122 lx	$\geq 100$ lx	✓	WP4
	$U_0$ (g <sub>r</sub> )	0.40	$\geq 0.40$	✓	WP4
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	24	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	188 kWh/a	máx. 950 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	2.82 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.32 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 28***Área de taller*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	126 lx	$\geq 300$ lx	✗	WP1
	$U_o (g_1)$	0.064	$\geq 0.60$	✗	WP1
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	23	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	[933.78 - 1530.00] kWh/a	máx. 13600 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	1.75 W/m <sup>2</sup>	-		
		1.39 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 29***Área de carga y descarga de panel*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	62.5 lx	$\geq 150$ lx	✗	WP2
	$U_o (g_1)$	0.44	$\geq 0.40$	✓	WP2
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	23	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	337 kWh/a	máx. 12550 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	0.86 W/m <sup>2</sup>	-		
		1.37 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

En la siguiente zona, las cámaras de frío cumplen con el nivel requerido de lux de acuerdo con la **Figura 18**. El resto de las áreas que no cumplen el nivel de lux, se probara con más iluminación y mejorar la distribución para lograr cumplir con los lux requeridos.

**Tabla 3***Cantidad y ubicación de lámparas*

Área	Lx actual	Lx requeridos	Nº de lámparas	Capacidad W	Total W
Gerencia	234	300	2	40	80
Baño gerencia	62,5	200	1	12	12
Oficina	224	500	10	40	400
Copiadora	66	300	1	12	12
Recepción	251	100	4	30	120
Oficina naturicimo	215	100	1	12	12
Cámara 10 naturicimo	215	100	2	76	152
Cámara 1 Sr Christian Romero	232	100	2	76	152
Cámara 2 Tablita del tártaro	232	100	2	76	152
Cámara 3 Transmarina	232	100	2	76	152
Cámara 4 Sr Christian Romero	237	100	2	76	152
Comedor	243	200	2	76	152
Pasillo de baño	252	100	2	76	152
Baño de hombres	233	200	1	30	30
Baño de mujeres	234	200	1	30	30
Archivero	169	300	2	76	152
Corte de lamina	168	200	2	76	152
Bodega	266	300	12	76	912
Cámara 7 Tablita del tártaro	226	100	1	76	76
Cámara 8 transmarina	122	100	2	76	152
Taller	126	300	20	34	680
Carga y descarga de panel	62,5	150	9	34	306

**Tabla 4***Resumen de áreas que no cumplen con lx requerido*

Áreas	Actual	Requerido
Gerencia	234 lx	300 lx
Baño gerencia	62,5 lx	200 lx
Oficina	224 lx	500 lx
Área de copiadora	66 lx	300 lx

Áreas	Actual	Requerido
Área de archivo	169 lx	300 lx
Área de corte de lamina	168 lx	200 lx
Áreas	Actual	Requerido
Área de bodega	266 lx	300 lx
Área de taller	126 lx	300 lx
Área de carga y descarga de panel	62,5 lx	150 lx

Nota: estas serán las áreas en las cuales se intervendrá para corregir y llegar a los lx requeridos según la norma europea (UNE 12464.1).

El principal dato que se necesita de la planta es su carga actual, ya que con ella se podrá dimensionar los conductores, breaker y de más elementos para garantizar un correcto funcionamiento, este estudio de carga se puede apreciar en la **Tabla 5**.

**Tabla 5**

*Levantamiento de carga actual*

Área de parqueadero	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva Kvar
<b>Cámara 1</b>							
Condensadora	1	220	26,3	4870	Trifásica	8,52	5,28
Evaporador	1	220	1,35	291	Monofásica	0,25	0,16
Resistencias evaporador	1	220	23,41	5150	Monofásica	5,15	0,00
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08
<b>Cámara 2</b>							
Condensadora	1	220	19,42	3680	Trifásica	6,29	3,90
Evaporador	1	220	1,35	291	Monofásica	0,25	0,16
Resistencias evaporador	1	220	23,41	5150	Monofásica	5,15	0,00
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08
<b>Cámara 3</b>							
Condensadora	1	220	28,2	5840	Trifásica	9,13	5,66
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásica	0,38	0,24
Resistencias evaporador	1	220	23,41	5150	Monofásica	5,15	0,00
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08

Área de parqueadero	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva Kvar
Cámara 4							
Condensadora	1	220	21,80	4800	Monofásica	4,08	2,53
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásica	0,38	0,24
Cámara 10							
Resistencias evaporador	1	220	23,41	5150	Monofásica	5,15	0,00
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08
						50,40	18,47
Equipo compacto	1	230	21,98	2880	Monofásica	4,30	2,66
Equipo compacto	1	230	21,98	2880	Monofásica	4,30	2,66
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08
Cámara 7							
Área de parqueadero oficina	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva Kvar
Toma corriente	4	120	0,21	25	Monofásica	0,02	0,013
Foco	1	220	0,05	12	Monofásica	0,01	0,01
Cámara 8							
Área de planta taller	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva Kvar
Condensadora	1	220	13,13	2889	Monofásica	2,46	1,52
Evaporadora	1	220	4,08	446	Monofásica	0,76	0,47
Condensadora	1	220	11,95	2636	Trifásico	3,87	2,40
Evaporadora	1	220	4,08	446	Monofásica	0,76	0,47
Resistencia evaporador	2	220	46,82	10300	Monofásica	10,30	0,00
Focos	1	220	0,35	76	Monofásica	0,06	0,04
Cámara 8							
Condensadora	2	220	15,11	6452	Monofásica	2,83	1,75
Resistencia evaporador	2	220	46,82	10300	Monofásica	10,30	0,00
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08
Cámara 8							
Área de bodega	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva Kvar
Bodega luces	12	120	7,60	76	Monofásico	0,82	0,40
Computadora de escritorio	2	120	5,00	600	Monofásico	0,51	0,32
Toma corriente	3	120	5	600	Monofásico	0,51	0,32

Área de taller	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva Kvar
lámparas	16	120	10,13	76	Monofásico	1,03	0,64
Cierra circular 1	1	120	18,33	2200	Monofásico	1,87	1,16
Cierra circular 2	1	120	13,33	1600	Monofásico	1,36	0,84
Taladro de banco	1	120	7,33	880	Monofásico	0,75	0,46
Soldadora	2	120	10,83	1300	Monofásico	1,11	0,68
Área de comedor y baños	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva Kvar
Cocina lámparas led	2	120	1,27	76	Monofásico	0,14	0,07
Nevera	1	120	6,67	800	Monofásico	0,68	0,42
Microondas	1	120	6,67	800	Monofásico	0,68	0,42
Área de comedor y baños	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva Kvar
Tomacorrientes	2	120	5,00	600	Monofásico	0,51	0,32
Baños lampara	2	120	0,60	72	Monofásico	0,06	0,04
Área de recepción	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva Kvar
Focos recepción	4	220	0,55	120	Monofásico	0,10	0,06
Dispensador de agua	1	115	4,95	579	Monofásico	0,48	0,30
Área de oficina	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva Kvar
Computadoras de escritorio	5	110	13,64	1500	Monofásico	1,28	0,79
portátiles	9	110	5,32	585	Monofásico	0,50	0,31
lámparas oficina	12	220	2,18	480	Monofásico	0,43	0,21
lámparas oficina	2	220	0,11	24	Monofásico	0,02	0,00
Impresora	1	110	2,73	300	Monofásico	0,26	0,16
Área de casa de guardia	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa Kw	Potencia Reactiva Kvar
Tv	1	120	1,48	177	Monofásico	0,15	0,09
Equipo de sonido	1	120	3,08	370	Monofásico	0,31	0,19
Tv	1	120	3,70	444	Monofásico	0,38	0,23
Refrigerador	1	120	6,50	780	Monofásico	0,66	0,41
Microondas	1	120	8,33	1000	Monofásico	0,85	0,53
Secadora	1	220	27,18	5980	Monofásico	5,08	3,15
Lavadora	1	120	2,5	300	Monofásico	0,26	0,16
Ducha eléctrica	1	120	28,33	3400	Monofásico	2,89	1,79
lámparas led	8	120	2,40	288	Monofásico	0,24	0,15
<b>Total</b>				<b>107069</b>		<b>114,55</b>	<b>45,26</b>

El levantamiento de carga realizado nos permite calcular la carga actual de la empresa y determinar si los conductores y protecciones principales son los adecuados, con los valores totales de la potencia activa (P) y reactiva (Q) se calcula la potencia aparente (S) con esto se determina la potencia total para determinar la capacidad del transformador actual.

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{(114,55^2 + 45,26^2)} = 123,16 \text{ KVA}$$

Actualmente la acometida de puesta a tierra no es distribuida en toda la organización ya que no se cuenta con un tablero de distribución, y solo se conecta con los equipos que están cercanos a la misma, lo que no garantiza una protección adecuada a la planta. La conexión a tierra en un sistema eléctrico que implica establecer una unión directa, sin circuitos de protección ni fusibles con la tierra utilizando componentes de baja resistencia.

De este modo, todos los materiales metálicos, tuberías, cajas, accesorios entre otros no deben estar energizados o con voltaje bajo manteniendo al mismo nivel de potencial eléctrico. Se asume que la tierra tiene un voltaje de cero, y las concentraciones de agua y sales que se pueden hallar a unos pocos pies de profundidad la convierten en el punto ideal para disipar corrientes indeseadas que puedan surgir. (E. Barría, 2024)

### **Figura 30**

*Puesta a tierra*



En el año 2023 el país paso por una crisis energética teniendo cortes de energía de hasta 14 horas diarias divididas entre el día y la noche. Esto afectaba directamente a los arrendatarios de los cuartos fríos, ya que para mantener la cadena de frio no podían abrir sus cámaras constantemente, haciendo que su entrega y almacenamiento de producto dependan de los horarios en el cual se tenía energía eléctrica ya que la empresa no cuenta con un sistema de energía alternativa.

### *Área de estudio*

**Tabla 6**

### *Área de estudio*

Domino	Tecnología y sociedad
Línea de investigación	Sistemas Industriales
Sub - línea de investigación	Optimización energética de procesos con la integración de sistemas de generación renovable, eficiencia energética y estrategias de ahorro de energía.
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Instalaciones industriales
Aspectos	Rediseño de red eléctrica
Objeto estudio	Rediseño de circuitos eléctricos de fuerza e iluminación de una empresa industrial en la ciudad de Quito
Periodo de análisis	abril 2025 a agosto 2025

## Modelo operativo

Figura 31

### Modelo operativo del proyecto



## CAPÍTULO III

### Propuesta y resultados esperados

#### *Desarrollo de la propuesta*

En base al capítulo 2 y el análisis previo del mismo se tiene una idea de cómo empezar el rediseño de los circuitos eléctricos separando las cargas y tomando en cuenta las futuras cargas para ello con el levantamiento actual de las cargas, se dimensionará las cargas futuras ya que la organización ha mencionado que desea ampliar el servicio de arrendamiento de cámaras de frío.

En la **Tabla 5**, se tiene el valor total de la potencia activa y reactiva, la cual se toma en consideración para el cálculo de la potencia aparente total, dando como resultado 123,16 KVA, como primer punto se verifica si la capacidad actual del transformador es la adecuada, para ello se calcula lo siguiente:

$$S_{transformador} \geq 1,2xS_t \quad ( 2 )$$

$$S_{transformador} \geq 1,2x123,16$$

$$S_{transformador} = 147,79 \text{ KVA}$$

Para el dimensionamiento del transformador es recomendable considerar un 20% adicional para cargas futuras, arrojando como resultado 147,79 Kva, de acuerdo con la **Figura 32** se selecciona el transformador de valor normalizado inmediato superior al valor calculado, al no existir una coincidencia entre ambos valores. Dando como resultado un transformador de 150 Kva respecto a su capacidad nominal.

## Figura 32

Tabla de capacidad de transformadores comercial



Potencia (KVA)	Dimensiones aproximadas en (mm) - Peso en (Kg)				
	A	B	C	Peso (Kg)	Plano
50	900	450	1000	810	Figura A
75	900	450	1000	900	Figura A
100	900	450	1000	950	Figura A
125	950	550	1100	1120	Figura A
160	1050	550	1250	1200	Figura B
200	1050	550	1250	1400	Figura B
250	1050	550	1250	1720	Figura B
315	1050	550	1350	1800	Figura B
400	1200	550	1400	2010	Figura B
500	1250	600	1450	2350	Figura B

Nota: extraído de (Promelsa)

Una vez determinado la potencia aparente del transformador (150 KVA) se verifica que el valor calculado en la potencia aparente total de (123,16 KVA) se encuentra dentro del rango de funcionamiento seguro del equipo, considerando un margen del 20 % para futuras expansiones de carga.

Según el estándar de la (INTERNATIONAL STANDARD, 2018), “los transformadores deben trabajar preferible en un rango del 80 al 85% de su capacidad nominal en condiciones continuas para asegurar su eficiencia y evitar el estrés térmico”.

La organización tiene previsto una futura expansión de 7 cuartos frio, para lo cual se realiza el mismo estudio de carga con un estimado de equipos de 5 HP, con ello se procede a validar la capacidad del transformador y el dimensionamiento correspondiente a la acometida y el tablero principal. En la tabla se puede observar el estudio de carga para la futura expansión.

**Tabla 7***Levantamiento de cargas futuras*

Cargas futuras	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Cuarto frio 1							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	5,15	0,00
Cuarto frio 2							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	5,15	0,00
Cuarto frio 3							
Condensador	1	220	38,6	13200	Trifásica	11,6	7,21
Evaporador	1	220	4,24	920	Monofásico	1,51	0,94
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	5,15	0,00
Cuarto frio emergencia							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	5,15	0,00
Cuarto frio 7							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	5,15	0,00
Cuarto frio 8							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	5,15	0,00
Cuarto frio 9							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	5,15	0,00
Iluminación cámaras							
Focos 18	18	220	2,45	540	Monofásico	0,49	0,24
Total				187105		71,16	24,96

Con los datos obtenidos de la potencia activa y reactiva correspondiente a la carga futura y sumando los valores correspondientes a la carga anterior, se determina un nuevo valor correspondiente a la potencia total aparente dentro de la organización.

Calculamos la potencia aparente para determinar si estamos dentro del rango de funcionamiento del transformador para ello aplicamos la ecuación ( 1 ) para encontrar la potencia aparente.

$$P_{activat} = P_A + P_F$$

$$P_{activat} = 114,55 + 71,16 = 185,65$$

$$Q_{reactivat} = Q_A + Q_F$$

$$Q_{reactivat} = 45,26 + 24,96 = 70,16$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = \sqrt{185,65^2 + 70,16^2} = 198,46 \text{ KVA}$$

Considerando la potencia aparente total de 198,46 kVA se observa que esta supera la capacidad actual del transformador, se plantea el dimensionamiento de un nuevo transformador que incluya un margen del 20% para cubrir incrementos futuros en la demanda.

$$S_{transformador} \geq 1,2xS_t \quad ( 3 )$$

$$S_{transformador} = 1,2x198,46 = 238,15 \text{ KVA}$$

Como resultado del análisis, se obtuvo un valor de 238,15 kVA, según se muestra en la **Figura 32**. En función de este valor, el transformador ideal sería de **250** kVA. Una solución basada en los principios de eficiencia energética propuestos en este trabajo de titulación consiste en reemplazar las resistencias eléctricas utilizadas para el deshielo de las evaporadoras por un sistema denominado 'gas caliente'.

Este método aprovecha el propio ciclo de refrigeración para realizar el proceso de deshielo, lo que permitiría una reducción significativa en la carga eléctrica del sistema.

**Tabla 8***Criterios para selección del deshielo por gas caliente.*

Criterio	Gas caliente	Resistencias eléctricas
Consumo energético	El método de descongelación utilizando gas caliente proporciona una mayor eficacia y un proceso de descongelación breve, lo que disminuye el uso de energía.	La energía utilizada por las resistencias eléctricas para descongelar un solo evaporador es bastante alta, solo una fracción del calor se emplea para derretir la escarcha y el hielo, mientras que una gran cantidad del calor eleva la temperatura dentro de la cámara frigorífica.
Tiempo de deshielo	En los sistemas que utilizan gas caliente para descongelar, al comienzo del ciclo, el vapor refrigerante ya se encuentra a una temperatura elevada. Este gas caliente fluye a través de todo el serpentín del evaporador, elevando su temperatura, lo que mejora la efectividad del proceso de descongelación y reduce la duración del ciclo.	Debido a la ineficiencia del sistema de descongelación eléctrica, requiere un periodo extenso de descongelación para eliminar por completo la escarcha y el hielo.
Impacto en temperatura del producto	Dado que el uso de gas caliente para descongelar es más efectivo que el eléctrico, la duración del proceso de descongelación es menor. A medida que el ciclo de descongelación se reduce, hay menos variación en la temperatura.	Para descongelar lo más pronto posible, la potencia de la resistencia eléctrica es de varios kilovatios, por lo que genera mucho calor, y este calor generado se transfiere a la cámara frigorífica teniendo un impacto alto en la temperatura interna de la cámara.

Nota: extraído de: (Glenwin , 2022)

**Tabla 9***Carga actual y futura por gas caliente*

Área de parqueadero	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Cámara 1							
Condensadora	1	220	26,3	4870	Trifásica	8,52	5,28
Evaporador	1	220	1,35	291	Monofásica	0,25	0,16
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08
Cámara 2							
Condensadora	1	220	19,42	3680	Trifásica	6,29	3,90
Evaporador	1	220	1,35	291	Monofásica	0,25	0,16

Área de parqueadero	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08
Cámara 3							
Condensadora	1	220	28,2	5840	Trifásica	9,13	5,66
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásica	0,38	0,24
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08
Área de parqueadero	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Cámara 4							
Condensadora	1	220	21,80	4800	Monofásica	4,08	2,53
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásica	0,38	0,24
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08
Cámara 8							
Equipo compacto	1	230	21,98	2880	Monofásica	4,30	2,66
Equipo compacto	1	230	21,98	2880	Monofásica	4,30	2,66
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08
Área de parqueadero oficina	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Toma corriente	4	120	0,21	25	Monofásica	0,02	0,013
Foco	1	220	0,14	30	Monofásica	0,03	0,02
Área de planta taller	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Cámara 7							
Condensadora	1	220	13,13	2889	Monofásica	2,46	1,52
Evaporadora	1	220	4,08	446	Monofásica	0,76	0,47
Condensadora	1	220	11,95	2636	Trifásico	3,87	2,40
Evaporadora	1	220	4,08	446	Monofásica	0,76	0,47
Focos	2	220	0,69	76	Monofásica	0,13	0,08
Cámara 8							
Condensadora	2	220	15,11	6452	Monofásica	2,83	1,75
Focos	1	220	0,35	76	Monofásica	0,06	0,04
lámparas área de panel	9	220	3,11	684	Monofásica	0,68	0,00
Área de bodega	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Bodega luces	21	220	3,25	714	Monofásico	0,71	0,00
Computadora de escritorio	2	120	5,00	600	Monofásico	0,51	0,32
Toma corriente	3	120	5	600	Monofásico	0,51	0,32
Área de taller	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Lámparas	16	220	5,53	1216	Monofásico	1,22	0,00
Cierra circular 1	1	120	18,33	2200	Monofásico	1,87	1,16
Cierra circular 2	1	120	13,33	1600	Monofásico	1,36	0,84
Taladro de banco	1	120	7,33	880	Monofásico	0,75	0,46
Soldadora	2	120	10,83	1300	Monofásico	1,11	0,68

Área de comedor, archivo y baños	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Cocina lámparas	2	120	0,60	72	Monofásico	0,06	0,03
Nevera	1	120	6,67	800	Monofásico	0,68	0,42
Microondas	1	120	6,67	800	Monofásico	0,68	0,42
Tomacorrientes	2	120	5,00	600	Monofásico	0,51	0,32
Baños lampara	4	120	1,20	144	Monofásico	0,12	0,08
lámparas archivo	4	220	1,38	304	Monofásico	0,30	0,00
Área de recepción	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia activa	Potencia reactiva
Focos recepción	4	220	0,55	120	Monofásico	0,10	0,06
Dispensador de agua	1	115	4,95	579	Monofásico	0,48	0,30
Área de oficina	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Computadoras de escritorio	5	110	13,64	1500	Monofásico	1,28	0,79
portátiles	9	110	5,32	585	Monofásico	0,50	0,31
lámparas oficina	13	220	2,84	624	Monofásico	0,62	0,00
Impresora	1	110	2,73	300	Monofásico	0,26	0,16
Área de casa de guardia	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Tv	1	120	1,48	177	Monofásico	0,15	0,09
Equipo de sonido	1	120	3,08	370	Monofásico	0,31	0,19
Tv	1	120	3,70	444	Monofásico	0,38	0,23
Refrigerador	1	120	6,50	780	Monofásico	0,66	0,41
Microondas	1	120	8,33	1000	Monofásico	0,85	0,53
Secadora	1	220	27,18	5980	Monofásico	5,08	3,15
Lavadora	1	120	2,5	300	Monofásico	0,26	0,16
Ducha eléctrica	1	120	28,33	3400	Monofásico	2,89	1,79
lámparas led	8	120	2,40	288	Monofásico	0,24	0,15
Cargas futuras	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Cuarto frio 1							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24
Cuarto frio 2							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24
Cuarto frio 3							
Condensador	1	220	38,6	13200	Trifásica	7,22	4,47
Evaporador	1	220	4,24	960	Monofásico	0,79	0,49
Cuarto frio emergencia							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24
Cuarto frio 7							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24

Cargas futuras	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tipo de carga	Potencia Activa	Potencia Reactiva
Cuarto frio 8							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24
Cuarto frio 9							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	4,92	3,05
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	0,38	0,24
Iluminación cámaras							
Focos 18	18	220	2,45	540	Monofásico	0,46	0,28
<b>Total</b>			<b>617,24</b>	<b>114449</b>		<b>114,86</b>	<b>68,98</b>

Nota: realizado por el autor.

Con los nuevos valores obtenido de la potencia activa y reactiva, calculamos la potencia aparente total de la carga actual y futura pero esta vez considerando el reemplazo de las resistencias por el gas caliente al momento del deshielo de los evaporadores, también se toma en cuenta la capacidad en el rediseño de las luminarias en las áreas que no cumplían con los lx requeridos tal como se aprecia en la **Tabla 20** señalada de color verde.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = \sqrt{114,86^2 + 68,98^2} = 133,98 \text{ KVA}$$

### Tabla 10

#### *Potencia aparente con resistencia y gas caliente*

Potencia aparente con resistencias	Potencia aparente con gas caliente	Reducción
198,46 Kva	133,98 Kva	64,48 Kva

Nota: media te la tabla se puede observar una disminución de 64,48 Kva en la potencia aparente indicando que la mejor opción es usar gas caliente para el ciclo del deshielo.

Considerando que las resistencias eléctricas tienen una potencia de 5.150 W, constituyen la mayor carga del sistema, incluso superior a la del compresor. Su ciclo de trabajo es de 30 minutos de deshielo cada 3 horas de operación, lo que equivale a 4 horas diarias de funcionamiento exclusivo de resistencias en un día.

Con este dato, se determina el consumo anual en kWh, el cual representa directamente el ahorro energético esperado al reemplazar las resistencias por un sistema de deshielo por gas caliente.

$$P = \frac{5150}{1000} = 5,15 \text{ Kw}$$

$$\text{Energía día} = 5,15 \text{ Kw} * 4 \text{ h uso} = 20,6 \text{ Kwh/día}$$

$$\text{Energía año} = 20,6 \frac{\text{Kw}}{\text{h}} * 365 = 7519 \text{Kwh/año}$$

$$\text{Energía año} = \frac{7519 \text{Kw}}{\text{h}} * 10 = 75190 \text{ Kwh/año}$$

El consumo anual de las resistencias eléctricas por equipo asciende a 7519 kWh/año. Considerando el total de 14 equipos instalados, incluidas las cargas futuras, se obtiene un consumo anual acumulado de 75190 kWh/año únicamente atribuible al sistema de resistencias. Cabe destacar que, de este total, 4 equipos ya operan con deshielo por gas caliente.

Por lo tanto, el valor de 75190 kWh/año representa el potencial de ahorro energético que se alcanzaría al sustituir completamente las resistencias por un sistema de deshielo mediante gas caliente en la totalidad de los equipos.

A partir del nuevo cálculo de la potencia aparente total, se determina que el transformador de 150 kVA operara al 87% de su capacidad. Este valor excede el rango óptimo de funcionamiento recomendado, que usualmente se sitúa entre el 80 al 85% para mantener un margen de reserva del 20% y asegurar eficiencia energética, estabilidad operativa y mayor vida útil.

Sin embargo, aunque se encuentra por encima del rango ideal, el transformador aún puede operar sin inconvenientes técnicos inmediatos, ya que no supera su capacidad nominal. No obstante se debe tener en cuenta que no se puede adicionar más carga de requerirlo se debería aumentar la capacidad del transformador.

El siguiente punto por calcular es la acometida de transformador hacia el tablero de fuerza principal según los requerimientos de las corrientes nominales en base a nuestra **Tabla 5** y **Tabla 7** estos calculo se puede realizar en base al libro de "Problemas resueltos y propuestos de Electrotecnia Básica" de Esteban Amador Martínez (Martínez, 1985)

$$I_a = \frac{1,25xI_{mm} + \sum I_{nom} * F.D}{FTxFC} \quad (4)$$

Donde:

$I_{mm}$ : Corriente correspondiente a la carga de mayor capacidad.

$I_{nom}$ : Sumatoria de todas las corrientes en amperios.

FD: Factor de demanda.

FT: Factor de temperatura.

FC: Factor de número de conductores.

Para determinar el FT y el FC se usará la **Tabla 11** y la **Tabla 12** que relacionan estos valores.

**Tabla 11**

*Factor de número de conductores*

Cantidad de conductores en una misma tubería	FC
1-3	1
4-6	0,8
7-24	0,7
25-42	0,6
43 o mas	0,5

Extraído de (Martínez, 1985)

**Tabla 12***Factor de corrección de temperatura para cobre y aluminio*

Temperatura en °C	FT
0-30	1
31-40	0,82
41-45	0,71
46-50	0,58
51-55	0,41

Nota: extraído de (Martínez, 1985)

Si bien es cierto, las máquinas o elementos eléctricos no siempre operan a su capacidad marcado en su dato de placa, siempre tiene un valor más bajo en su operación por lo cual su factor de demanda sería más bajo, pero en este caso para el cálculo de la acometida principal se toma un factor de semana de 1, que sería que los equipos operan al 100% de su capacidad, correspondiendo al caso más crítico de operación. Para el factor de temperatura se tomará el valor de 1 ya que la organización se encuentra en la ciudad de Quito y su temperatura es inferior a los 30° C.

De acuerdo con la **Tabla 5** y la **Tabla 7** el mayor amperaje o corrientes es de 38,6 y la suma de la corriente total de acuerdo con las mismas tablas es de 940,46 con estos datos procedemos a realiza el cálculo usando la ecuación ( 4 ).

$$I_a = \frac{1,25xI_{mm} + \sum I_{nom} * F.D}{FTxFC}$$

$$I_a = \frac{(1,25x38,6) + (940,46 * 1)}{1x0,8} = 1235,88 A$$

De acuerdo con el valor de amperaje obtenido que es de 1235,88 A, se requiere un conductor que soporte dicha capacidad, en el mercado no se cuenta con un calibre que soporte tal amperaje, por lo que se debe color tres líneas en paralelo por fase, por lo que el conductor adecuado debe conducir 411,96 A, de acuerdo con la **Figura 33** el conductor adecuado es el 500 Kcmil el cual soporta una corriente de 430 A.

Asimismo, conforme a la NEC (Normativa Ecuatoria de la Construcción, 2018)

en este sistema de distribución, el tipo de aislamiento requerido es el THHN, el cual se indica en la sección 5. 5 de la norma.

**Figura 33**

*Capacidad de conductores de cobre THHN*

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Espesor de Chaqueta (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg/ km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )	No. Hilos					
<b>FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO</b>							
14	2,08	1	0,38	0,10	2,59	22,56	25
12	3,31	1	0,38	0,10	3,01	34,32	30
10	5,261	1	0,51	0,10	3,81	54,74	40
8	8,367	1	0,76	0,13	5,04	89,55	55
8	8,367	7	0,76	0,13	5,48	94,93	55
6	13,3	7	0,76	0,13	6,44	144,57	75
4	21,15	7	1,02	0,15	8,22	231,68	95
<b>FORMACIÓN UNILAY</b>							
14	2,08	19	0,38	0,1	2,76	23,58	25
12	3,31	19	0,38	0,1	3,26	35,93	30
10	5,261	19	0,51	0,1	4,11	57,28	40
8	8,367	19	0,76	0,13	5,40	93,62	55
6	13,3	19	0,76	0,13	6,34	142,58	75
4	21,15	19	1,02	0,15	8,09	228,51	95
2	33,62	19	1,02	0,15	9,59	350,90	130
1	42,4	19	1,27	0,18	11,04	448,66	150
1/0	53,49	19	1,27	0,18	12,05	560,77	170
2/0	67,44	19	1,27	0,18	13,17	697,21	195
3/0	85,02	19	1,27	0,18	14,43	868,29	225
4/0	107,2	19	1,27	0,18	15,85	1083,04	260
<b>FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO</b>							
250	126,7	37	1,52	0,2	18,06	1289,56	290
300	152	37	1,52	0,2	19,44	1533,75	320
350	177	37	1,52	0,2	20,74	1774,71	350
400	203	37	1,52	0,2	21,93	2023,85	380
500	253	37	1,52	0,2	24,10	2502,47	430
600	304	61	1,78	0,23	26,70	3015,86	475
750	380	61	1,78	0,23	29,37	3740,80	535
1000	507	61	1,78	0,23	33,28	4947,40	615

Nota: extraído de (Electro Cables, 2018, p. 24)

Una vez determinado el calibre del conductor, debemos calcular la capacidad del breaker principal, para ello utilizamos el valor del amperaje calculado de 800, 62A y aplicamos la ecuación ( 5 ).

$$I_{Breaker} = 1,25xIa \quad ( 5 )$$

**Donde:**

$I_{Breaker}$ : Corriente nominal del disyuntor en Amperes

1,25: Valor de seguridad adimensional.

$Ia$ : Corriente del conductor en amperes.

$$I_{Breaker} = 1,25x1235,88 = 1544,85 A$$

Con el valor obtenido de la capacidad del breaker revisamos en el catálogo de productos comerciales y podemos determinar que el breaker requerido es un regulable trifásico de 640 a 800 A, tal como se observa en la **Figura 34**, se colocara dos breakeres mediante un módulo de barras de cobre.

**Figura 34**

*Capacidad de breaker comerciales*

<i>NMB 1250 - Poder de corte estándar (tipo S)</i>						F3C					
Código	Tamaño	Polos	Intensidad	Regulación	PdC						
NMB-1250S-3P-800A	T4(800/1250)	3	800 A	640...800 A	50 kA	NMB-1250S-4P-800A	T4(800/1250)	4	800 A	640...800 A	50 kA
NMB-1250S-3P-1000A	T4(800/1250)	3	1000 A	800...1000 A	50 kA	NMB-1250S-4P-1000A	T4(800/1250)	4	1000 A	800...1000 A	50 kA
NMB-1250S-3P-1250A	T4(800/1250)	3	1250 A	1000...1250 A	50 kA	NMB-1250S-4P-1250A	T4(800/1250)	4	1250 A	1000...1250 A	50 kA

<i>NMB 1250 - Alto poder de corte (tipo H)</i>						F3C
Código	Tamaño	Polos	Intensidad	Regulación	PdC	
NMB-1250H-3P-800A	T4(800/1250)	3	800 A	640...800 A	70 kA	
NMB-1250H-3P-1000A	T4(800/1250)	3	1000 A	800...1000 A	70 kA	

Nota: extraído de (CHNT, p. 124)

**Tabla 13**

*Capacidad de Disyuntores*

Fusibles	Disyuntores o breaker (A)
15	15
20	20
25	30

Fusibles	Disyuntores o breaker (A)
30	40
35	50
40	70
45	100
50	125
60	150
70	175
80	200
90	225
100	250
110	300
125	350
150	400
175	500
200	600
225	700
250	800

Nota: extraído de (Martínez, 1985)

Con la acometida y el breaker principal dimensionados, se realiza el dimensionamiento de los circuitos secundarios de toda la planta, empezando por el área del parqueadero, oficina, comedor y baños y después se debe dimensionar una acometida para el área del taller, en el cual estarán los circuitos de las cámaras frías, el taller de producción y la bodega, mediante las siguientes ecuaciones.

$$I_a = \frac{\sum P}{V * \cos\theta} \text{ monofásico} \quad (6)$$

$$I_a = \frac{\sum P}{V * \sqrt{3} * \cos\theta} \text{ trifásico} \quad (7)$$

**Donde:**

I<sub>a</sub>= Corriente que circula a través del conductor.

ΣP= Sumatoria de la potencia nominales del circuito.

V= voltaje en nominal de operación.

CosΘ= Angulo del factor de potencia, se considera 0,85.

√3= Circuitos de carga trifásica

**Tabla 14***Circuito 1*

Área de parqueadero	Cantidad	Corriente (a)	Potencia (w)	Carga
<b>Cámara 1</b>				
Condensadora	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	1,35	291	Monofásico
Resistencias evaporador	1	23,41	5150	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico
<b>Cámara 2</b>				
Condensadora	1	19,42	3680	Trifásica
Evaporador	1	1,35	291	Monofásico
Resistencias evaporador	1	23,41	5150	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico
<b>Cámara 3</b>				
Condensadora	1	28,2	5840	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Resistencias evaporador	1	23,41	5150	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico
<b>Cámara 4</b>				
Condensadora	1	21,80	4800	Monofásico
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Resistencias evaporador	1	23,41	5150	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico

Nota: realizado por el autor

$$I_a = \frac{26994}{220 * \cos 0,85} = 122,71 A$$

$$I_a = \frac{14390}{220 * \sqrt{3} * \cos 0,85} = 37,76 A$$

$$I_{Breaker} = 1,25x(122,71 + 37,76) = 200,58 A$$

Para el circuito 1 tenemos una corriente de 160,47A, que es la corriente resultante de la suma de la carga monofásica y trifásica. Determinamos el calibre del conductor mediante la **Figura 33** el cual nos da un calibre 1/0, el cual conduce una corriente de 170 A y un breaker de 200 A 3 polos según la **Tabla 13**.

**Tabla 15***Circuito 2*

Área de parqueadero	Cantidad	Corriente (a)	Potencia (w)
Cámara 8			
Equipo compacto	1	21,98	2880
Equipo compacto	1	21,98	2880
Focos	2	0,27	30
Oficina			
Toma corriente	4	0,21	25
Foco	1	0,14	30

$$I_a = \frac{5790}{220 * \cos 0,85} = 26,32 A$$

$$I_a = \frac{55}{120 * \cos 0,85} = 0,45 A$$

$$I_{Breaker} = 1,25x(26,32 + 0,45) = 33,46 A$$

Para el circuito 2, tenemos una corriente de 26,77 A, en este caso tenemos solo cargas monofásicas, con la diferencia que unas son a 220 v y otras a 110 v. Con la **Figura 33** determinamos el calibre adecuado el cual sería el número 10 ya que, conduce una corriente de 40 A, y el breaker sería de 40 A 3 polos según la **Tabla 13**.

**Tabla 16***Circuito 3*

Área de comedor, baños, recepción, oficina	Cantidad	Corriente (a)	Potencia (w)
Cocina lámparas led	2	0,60	72
Nevera	1	6,67	800
Microondas	1	6,67	800
Tomacorrientes	2	5,00	600
Baños lampara	4	1,20	144
Focos recepción	4	0,55	120
Dispensador de agua	1	4,95	579
Computadoras de escritorio	5	13,64	1500
portátiles	9	5,32	585
lámparas oficina	9	1,64	360
Impresora	1	2,73	300

$$I_a = \frac{696}{220 * \cos 0,85} = 3,16 A$$

$$I_a = \frac{5164}{120 * \cos 0,85} = 43,03 A$$

$$I_{Breaker} = 1,25x(3,16 + 43,03) = 57,73 A$$

Para el circuito 3, tenemos una corriente de 46,19 A, en este caso tenemos solo cargas monofásicas, con la diferencia que unas son a 220 v y otras a 110 v. Con la **Figura 33** determinamos el calibre adecuado el cual sería el número 8 ya que, conduce una corriente de 55 A, y el breaker sería de 70 A 3 polos según la **Tabla 13**.

**Tabla 17**

*Circuito 4*

Área de casa de guardia	Cantidad	Corriente (a)	Potencia (w)
Tv	1	1,48	177
Equipo de sonido	1	3,08	370
Tv	1	3,70	444
Refrigerador	1	6,50	780
Microondas	1	8,33	1000
Secadora	1	27,18	5980
Lavadora	1	2,5	300
Ducha eléctrica	1	28,33	3400
lámparas led	8	2,40	288
Total		83,51	12739

$$I_a = \frac{12739}{120 * \cos 0,85} = 106,17 A$$

$$I_{Breaker} = 1,25x(106,17) = 132,71 A$$

Para el circuito 4, tenemos una corriente de 106,17 A. Con la **Figura 33** determinamos el calibre adecuado el cual sería el número 2 ya que, conduce una corriente de 130 A, y el breaker sería de 150A 3 polos según la **Tabla 13**.

**Tabla 18***Circuito 5 planta baja*

Área de planta taller	Cantidad	Corriente (a)	Potencia (w)	Carga
<b>Cámara 7</b>				
Condensadora	1	13,13	2889	Trifásica
Evaporadora	1	4,08	446	Monofásico
Condensadora	1	11,95	2636	Monofásico
Evaporadora	1	4,08	446	Monofásico
Resistencia evaporador	2	46,82	10300	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico
<b>Cámara 8</b>				
Condensadora	2	15,11	6452	Monofásico
Resistencia evaporador	2	46,82	10300	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico
<b>Cámara 3 carga futura</b>				
Condensador	1	62,2	17550	Trifásica
Evaporador	1	8,1	2160	Monofásico
<b>Cuarto frio emergencia carga futura</b>				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Resistencia	1	23,4	5150	Monofásico

$$I_a = \frac{33396}{220 * \cos 0,85} = 151,81 A$$

$$I_a = \frac{25309}{220 * \sqrt{3} * \cos 0,85} = 66,42 A$$

$$I_{Breaker} = 1,25x(151,81 + 66,42) = 272,78 A$$

Para el circuito 5 tenemos una corriente de 218,23A, que es la corriente resultante de la suma de la carga monofásica y trifásica. Determinamos el calibre del conductor mediante la **Figura 33** el cual nos da un calibre 3/0, y un breaker de 300 A 3 polos según la **Tabla 13**.

**Tabla 19***Circuito 6 planta baja*

Planta baja carga futuras				
Área de planta taller	Cantidad	Corriente (a)	Potencia (w)	Carga
Cuarto frio 1				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Resistencia	1	23,4	5150	Monofásico
Cuarto frio 2				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Resistencia	1	23,4	5150	Monofásico
Cuarto frio 7				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Resistencia	1	23,4	5150	Monofásico
Cuarto frio 8				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Resistencia	1	23,4	5150	Monofásico
Cuarto frio 9				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Resistencia	1	23,4	5150	Monofásico
Focos 18 uni cámaras nuevas	18	2,45	540	Monofásico

$$I_a = \frac{28520}{220 * \cos 0,85} = 129,65 A$$

$$I_a = \frac{24350}{220 * \sqrt{3} * \cos 0,85} = 63,90 A$$

$$I_{Breaker} = 1,25x(129,65 + 63,9) = 241,93 A$$

Para el circuito 5 tenemos una corriente de 193,55A, que es la corriente resultante de la suma de la carga monofásica y trifásica. Determinamos el calibre del

conductor mediante la **Figura 33** el cual nos da un calibre 2/0, el cual soportan una corriente de 195A y un breaker de 250 A 3 polos según la **Tabla 13**.

**Tabla 20**

*Circuito 7 planta baja*

Área de bodega y área de taller	Cantidad	Corriente (a)	Potencia (w)
Bodega luces	11	3,3	396
Computadora de escritorio	2	5,00	600
Toma corriente	3	5	600
lámparas	16	4,80	576
Cierra circular 1	1	18,33	2200
Cierra circular 2	1	13,33	1600
Taladro de banco	1	7,33	880
Soldadora	2	10,83	1300
Toma corriente	4	0,21	25
Foco	1	0,14	30
Total		68,28	8207

$$I_a = \frac{8207}{120 * \cos 0,85} = 68,4 A$$

$$I_{Breaker} = 1,25x(68,4) = 85,5 A$$

Para el circuito 4, tenemos una corriente de 68,4 A. Con la **Figura 33** determinamos el calibre adecuado el cual sería el número 6 ya que, conduce una corriente de 75 A, y el breaker sería de 100 A 3 polos según la **Tabla 13**.

Los resultados obtenidos serian en base a la primera propuesta de deshielo de los evaporadores por uso de resistencias, ahora bien, se tiene una alternativa el cual es reemplazar las resistencias por gas caliente, el cual se aprovecha el ciclo de refrigeración para descongelar el serpentín, por lo que se debe realizar los mismos cálculos para dimensionamiento de conductores y breaker de protección, para ello se utilizara los siguientes datos del estudio de carga de la **Tabla 9** . El mayor amperaje o corrientes es de 38,6 y la suma de la corriente total de acuerdo con las mismas tablas es

de 612,84 A con estos datos procedemos a realiza el cálculo usando las ecuaciones usadas anterior mente.

$$I_a = \frac{1,25xImm + \sum Inom * F.D}{FTxFC}$$

$$I_a = \frac{(1,25x38,6) + 612,84 * 1}{1x0,8} = 826,36 A$$

$$I_{Breaker} = 1,25xI_a$$

$$I_{Breaker} = 1,25x826,36 = 1032,96 A$$

De acuerdo con el valor de amperaje obtenido que es de 1032,96 A, se requiere un conductor que soporte dicha capacidad, en el mercado no se cuenta con un calibre que soporte tal amperaje, por lo que se debe colocar tres líneas en paralelo por fase, por lo que el conductor adecuado debe conducir 344,31 A, de acuerdo con la **Figura 33** el conductor adecuado es el 350 Kcm, y se necesita un breaker de 1000 a 1250A 3 polos regulable de acuerdo a la **Figura 34**.

**Tabla 21**

*Circuito 1*

Área de parqueadero	Cantidad	Corriente (a)	Potencia (w)	Carga
<b>Cámara 1</b>				
Condensadora	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	1,35	291	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico
<b>Cámara 2</b>				
Condensadora	1	19,42	3680	Trifásica
Evaporador	1	1,35	291	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico
<b>Cámara 3</b>				
Condensadora	1	28,2	5840	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico
<b>Cámara 4</b>				
Condensadora	1	21,80	4800	Monofásico
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico

$$I_a = \frac{6394}{220 * \cos 0,85} = 29,06 A$$

$$I_a = \frac{14390}{220 * \sqrt{3} * \cos 0,85} = 37,76 A$$

$$I_{Breaker} = 1,25x(29,06 + 37,76) = 83,52 A$$

Para el circuito 1 tenemos una corriente de 66,82A, que es la corriente resultante de la suma de la carga monofásica y trifásica. Determinamos el calibre del conductor mediante la **Figura 33** el cual nos da un calibre 6, el cual conduce una corriente de 75A y un breaker de 100 A 3 polos según la **Tabla 13**.

Para el circuito 2, mantenemos los cálculos debido a que esos equipos ya cuenta con el deshielo por gas caliente. Los circuitos 3, 4 y 7 pertenecen al área administrativa, guardianía y bodega y taller para ello también se mantiene los valores obtenidos.

**Tabla 22**

*Circuito 5 planta baja*

Área de planta taller	Cantidad	Corriente (a)	Potencia (w)	Carga
<b>Cámara 7</b>				
Condensadora	1	13,13	2889	Trifásica
Evaporadora	1	4,08	446	Monofásico
Condensadora	1	11,95	2636	Monofásico
Evaporadora	1	4,08	446	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico
<b>Cámara 8</b>				
Condensadora	2	15,11	6452	Monofásico
Focos	2	0,27	30	Monofásico
<b>Cámara 3 carga futura</b>				
Condensador	1	62,2	17550	Trifásica
Evaporador	1	8,1	2160	Monofásico
<b>Cuarto frio emergencia carga futura</b>				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico

$$I_a = \frac{12646}{220 * \cos 0,85} = 57,48 A$$

$$I_a = \frac{25309}{220 * \sqrt{3} * \cos 0,85} = 66,42 A$$

$$I_{Breaker} = 1,25x(57,48 + 66,42) = 154,87 A$$

Para el circuito 5 tenemos una corriente de 123,9A, que es la corriente resultante de la suma de la carga monofásica y trifásica. Determinamos el calibre del conductor mediante la **Figura 33** el cual nos da un calibre 2, y un breaker de 175 A 3 polos según la **Tabla 13**.

**Tabla 23**

*Circuito 6 planta baja*

Planta baja carga futuras				
Área de planta taller	Cantidad	Corriente (a)	Potencia (w)	Carga
Cuarto frio 1				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Cuarto frio 2				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Cuarto frio 7				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Cuarto frio 8				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Cuarto frio 9				
Condensador	1	26,3	4870	Trifásica
Evaporador	1	2,04	446	Monofásico
Focos 18 uni cámaras nuevas	18	2,45	540	Monofásico

$$I_a = \frac{2770}{220 * \cos 0,85} = 12,59 A$$

$$I_a = \frac{24350}{220 * \sqrt{3} * \cos 0,85} = 63,90 A$$

$$I_{Breaker} = 1,25x(12,59 + 63,9) = 95,61 A$$

Para el circuito 5 tenemos una corriente de 76,49A, que es la corriente resultante de la suma de la carga monofásica y trifásica. Determinamos el calibre del conductor mediante la **Figura 33** el cual nos da un calibre 4, el cual soportan una corriente de 95A y un breaker de 100 A 3 polos según la **Tabla 13**.

En el capítulo 2 se realizó un levantamiento del sistema de iluminación actual de la organización, el cual ciertas áreas no cumplían con los lx requeridos esto se evidencia en la **Tabla 4**, para ello se corregirá con un nuevo diseño de luminarias las áreas que no cumplen con las especificaciones mediante el software de simulación Dialux evo.

### Figura 35

*gerencia*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\bar{E}_{perpendicular}$	422 lx	≥ 300 lx	✓	WP12
	$U_o (g_r)$	0.40	≥ 0.40	✓	WP12
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, max}$	17	≤ 22	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	[576.04 - 691.20] kWh/a	máx. 1100 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	6.31 W/m <sup>2</sup>	-		
		1.50 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 36***Baño gerencia*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\dot{E}_{\text{perpendicular}}$	277 lx	$\geq 200$ lx	✓	WP13
	$U_o (g_r)$	0.40	$\geq 0.40$	✓	WP13
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	20	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	26.4 kWh/a	máx. 100 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	16.52 W/m <sup>2</sup>	-		
		5.97 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 37***Oficina*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\dot{E}_{\text{perpendicular}}$	505 lx	$\geq 500$ lx	✓	WP11
	$U_o (g_r)$	0.60	$\geq 0.60$	✓	WP11
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	19	$\leq 19$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	1525 kWh/a	máx. 3000 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	7.29 W/m <sup>2</sup>	-		
		1.44 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 38***Copiadora*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\dot{E}_{\text{perpendicular}}$	454 lx	$\geq 300$ lx	✓	WP10
	$U_o (g_r)$	0.67	$\geq 0.40$	✓	WP10
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	18	$\leq 19$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	3.78 kWh/a	máx. 100 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	12.46 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.74 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

## Figura 39

### Archivo

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\dot{E}_{\text{perpendicular}}$	319 lx	$\geq 300$ lx	✓	WP8
	$U_o (g_r)$	0.40	$\geq 0.40$	✓	WP8
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	19	$\leq 19$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	41.0 kWh/a	máx. 450 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	24.88 W/m <sup>2</sup>	-		
		7.80 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

## Figura 40

### Área de corte de lamina

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\dot{E}_{\text{perpendicular}}$	200 lx	$\geq 200$ lx	✓	WP13
	$U_o (g_r)$	0.60	$\geq 0.60$	✓	WP13
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	25	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	513 kWh/a	máx. 1750 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	4.68 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.34 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

## Figura 41

### Bodega

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$\dot{E}_{\text{perpendicular}}$	308 lx	$\geq 300$ lx	✓	WP3
	$U_o (g_r)$	0.60	$\geq 0.60$	✓	WP3
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	25	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	3753 kWh/a	máx. 5200 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	4.84 W/m <sup>2</sup>	-		
		1.57 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 42***Área de taller*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Luz diurna	D	1.093 %	-		DF1
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	300 lx	$\geq 300$ lx	✓	WP1
	$U_o (g_r)$	0.74	$\geq 0.60$	✓	WP1
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	25	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	[1669.81 - 2736.00] kWh/a	máx. 13600 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	3.14 W/m <sup>2</sup>	-		
		1.17 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Figura 43***Área de carga y descargade panel*

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Luz diurna	D	1.91 %	-		DF2
Plano útil	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	150 lx	$\geq 150$ lx	✓	WP2
	$U_o (g_r)$	0.40	$\geq 0.40$	✓	WP2
Evaluación del deslumbramiento <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	25	$\leq 25$	✓	
Valores de consumo <sup>(2)</sup>	Consumo	752 kWh/a	máx. 12550 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	1.91 W/m <sup>2</sup>	-		
		2.06 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

**Tabla 24***Resumen de propuesta de mejora de las áreas con bajo lx*

Área	Lx propuesto	Lx requeridos	Nº de lámparas	Capacidad W	Total W
Gerencia	422	300	4	48	192
Baño gerencia	277	200	2	16	32
Oficina	505	500	13	48	624
Copiadora	454	300	1	28	28
Archivero	319	300	4	76	304
Corte de lamina	200	200	3	76	228
Bodega	308	300	21	34	714
Taller	300	300	16	76	1216
Área de panel	150	150	9	76	684

Al diseñar con el software Dialux evo, este nos permite simular el número de lámparas y el tipo de lámparas necesarias para cubrir el área en m<sup>2</sup>, pero para corroborar y validar los valores, también podemos determinar mediante la siguiente fórmula.

$$N = \frac{E \times A}{F \times UF \times MF} \quad ( 8 )$$

Donde:

E: iluminación requerida en lx

A: área del local en m<sup>2</sup>

F: flujo luminoso por lámpara en lm

UF: factor de reflectancia

MF: factor de mantenimiento

En el área de gerencia tenemos los siguientes valores:

E: 300 lx

A: 30,42 m<sup>2</sup>

F: 4965 lm

UF: 0,8

MF: 0,8

Remplazamos valores en la fórmula ( 8 )

$$N = \frac{300 \times 30,42}{4965 \times 0,8 \times 0,8} = 3,8$$

Tenemos como resultado 3,8 lámparas el cual al inmediato superior es 4 unidades. Para el área de oficina tenemos los siguientes valores:

E: 500 lx

A: 84,53 m<sup>2</sup>

F: 4965 lm

UF: 0,8

MF: 0,8

$$N = \frac{500 \times 84,53}{4965 \times 0,8 \times 0,8} = 13,3$$

Para el área de oficina no se eleva al inmediato superior debido a que el área no es uniforme tal como se puede ver en el **Anexo 6**. Este mismo cálculo se realizaría para el resto de las áreas que no cumplen con el lx requerido.

Mediante el nuevo diseño de iluminación, se corrige la deficiencia en los niveles de iluminancia (lux) en las nueve áreas evaluadas. Esto garantiza condiciones lumínicas adecuadas para cada tipo de actividad, promoviendo un entorno laboral óptimo, reduciendo la fatiga visual y contribuyendo al bienestar y productividad del personal.

Uno de los puntos a considerar en este trabajo de titulación, es el diseño de un sistema de energía renovable, el cual será un sistema fotovoltaico para lo cual determinamos la ubicación de la organización mediante el mapa Global Solar Atlas, el cual nos proporcionará el dato de radiación para iniciar con nuestro cálculo.

No se utilizó la matriz de Holmes, con la finalidad de una fuente alternativa renovable de energía debido a que la alta directiva de la organización tiene estudios preliminares que se dirigen a la fuente renovable de energía conformada por paneles solares fotovoltaicos.

#### **Figura 44**

*Ubicación geográfica de la organización*



Nota: Extraído de (Solargis, 2025)

## Figura 45

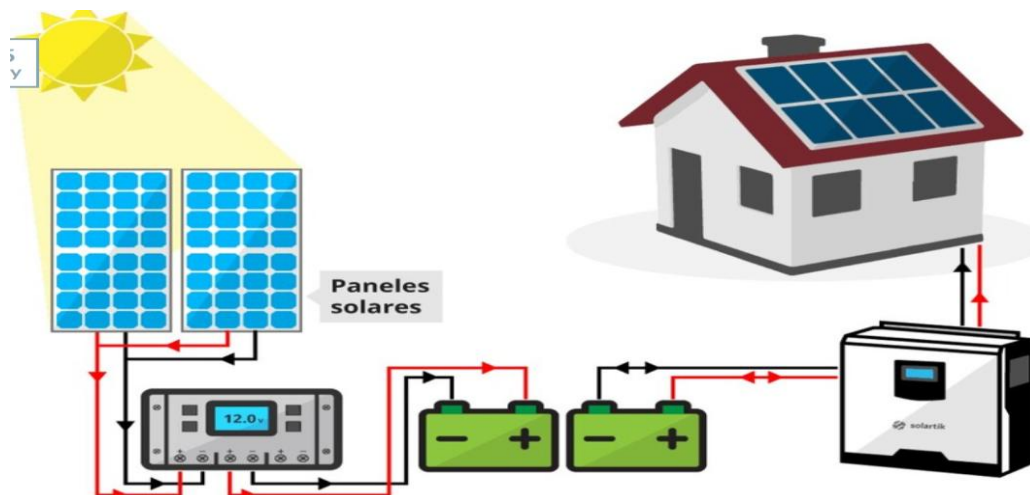
### Información de sitio

Datos del mapa		Por día ▾	
Potencia fotovoltaica específica	PVOUT específico	4.581	kWh/kWp por día ▾
Irradiación normal directa	DNI	4.807	kWh/m <sup>2</sup> por día ▾
Irradiación horizontal global	GHI	5.545	kWh/m <sup>2</sup> por día ▾
Irradiación horizontal difusa	Diferencia	2.255	kWh/m <sup>2</sup> por día ▾
Irradiación inclinada global en un ángulo óptimo	GTI opta	5.553	kWh/m <sup>2</sup> por día ▾
Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos	OPTA	3/ 0	°
Temperatura del aire	TEMPERATURA	11.9	°C ▾
Elevación del terreno	ELE	2927	metro ▾

Nota: Extraído de (Solargis, 2025)

## Figura 46

### Esquema sistema fotovoltaico



Nota: extraído de (Energy DC/AC, 2023)

Para determinar la potencia requerida se determina el consumo en Kwh, para ello utilizamos los datos del levantamiento de carga de lo actual y lo futuro. El sistema estará diseñado para el área crítica que es los cuarto fríos ya que se debe garantizar un suministro continuo de energía eléctrica, como se puede observar en la **Tabla 25**.

**Tabla 25***Potencia de carga en KWh de las áreas a cubrir con el sistema fotovoltaico*

Cargas futuras	Cantidad	Voltaje (v)	Corriente (a)	Potencia (w)	Tipo de carga	Horas de uso	Kwh
<b>Cuarto frio 1</b>							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	12	58,44
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	13	5,80
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	1,5	7,73
<b>Cuarto frio 2</b>							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	12	58,44
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	13	5,80
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	1,5	7,73
<b>Cuarto frio 11</b>							
Condensador	1	220	38,6	13200	Trifásica	12	158,40
Evaporador	1	220	4,24	960	Monofásico	13	12,48
<b>Cuarto frio emergencia</b>							
Cargas futuras	Cantidad	Voltaje (v)	Corriente (a)	Potencia (w)	Tipo de carga	Horas de uso	Kwh
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	12	58,44
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	13	5,80
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	1,5	7,73
<b>Cuarto frio 7</b>							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	12	58,44
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	13	5,80
Cargas futuras	Cantidad	Voltaje (v)	Corriente (a)	Potencia (w)	Tipo de carga	Horas de uso	Kwh
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	1,5	7,73
<b>Cuarto frio 8</b>							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	12	58,44
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	13	5,80
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	1,5	7,73
<b>Cuarto frio 9</b>							
Condensador	1	220	26,3	4870	Trifásica	12	58,44
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásico	13	5,80
Resistencia	1	220	23,4	5150	Monofásico	1,5	7,73
<b>Iluminación cámaras</b>							
Focos 18	18	220	2,45	540	Monofásico	1,5	0,81
Área de parqueadero	Cantidad	Voltaje (v)	Corriente (a)	Potencia (w)	Tipo de carga	Horas de uso	Kwh
<b>Cámara 1</b>							
Condensadora	1	220	26,3	4870	Trifásica	12	58,44
Evaporador	1	220	1,35	291	Monofásica	13	3,78
Resistencias	1	220	23,41	5150	Monofásica	1,5	7,73

Área de parqueadero	Cantidad	Voltaje (v)	Corriente (a)	Potencia (w)	Tipo de carga	Horas de uso	Kwh
Focos	2	220	0,27	30	Monofásica	1,5	0,045
Área de parqueadero	Cantidad	Voltaje (v)	Corriente (a)	Potencia (w)	Tipo de carga	Horas de uso	Kwh
Cámara 2							
Condensadora	1	220	19,42	3680	Trifásica	12	44,16
Evaporador	1	220	1,35	291	Monofásica	13	3,78
Resistencias	1	220	23,41	5150	Monofásica	1,5	7,73
Focos	2	220	0,27	30	Monofásica	1,5	0,045
Cámara 3							
Condensadora	1	220	28,2	5840	Trifásica	12	70,08
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásica	13	5,80
Resistencias	1	220	23,41	5150	Monofásica	1,5	7,73
Focos	2	220	0,27	30	Monofásica	1,5	0,045
Cámara 4							
Condensadora	1	220	21,80	4800	Monofásica	12	57,6
Evaporador	1	220	2,04	446	Monofásica	13	5,80
Resistencias	1	220	23,41	5150	Monofásica	1,5	7,73
Cargas futuras	Cantidad	Voltaje (v)	Corriente (a)	Potencia (w)	Tipo de carga	Horas de uso	Kwh
Focos	2	220	0,27	30	Monofásica	1,5	0,045
Cámara 8							
Equipo compacto	1	230	21,98	2880	Monofásica	12	34,56
Equipo compacto	1	230	21,98	2880	Monofásica	12	34,56
Focos	2	220	0,27	30	Monofásica	1,5	0,045
Área de planta taller	Cantidad	Voltaje (v)	Corriente (a)	Potencia (w)	Tipo de carga	Horas de uso	Kwh
Cámara 7							
Condensadora	1	220	13,13	2889	Monofásica	12	34,67
Evaporadora	1	220	4,08	446	Monofásica	13	5,80
Condensadora	1	220	11,95	2636	Trifásico	12	31,63
Evaporadora	1	220	4,08	446	Monofásica	13	5,80
Resistencia	2	220	46,82	10300	Monofásica	1,5	15,45
Focos	2	220	0,27	30	Monofásica	1,5	0,045
Cámara 9							

Área de planta taller	Cantidad	Voltaje (v)	Corriente (a)	Potencia (w)	Tipo de carga	Horas de uso	Kwh
Condensadora	2	220	13,11	6452	Monofásica	12	77,42
Resistencia	2	220	46,82	10300	Monofásica	1,5	15,45
Focos	2	220	0,27	30	Monofásica	1,5	0,045
				Total	Kwh/día		1139,47

Mediante la **Figura 45** se determinamos el valore de Irradiación Global Inclined Óptima 5.553 kWh/m2/día y Potencia fotovoltaica específica 4.581 kWh/kWp/día, este valor indica cuánta energía puede generar 1 kWp de paneles en un día promedio.

$$E_{diaria} = \sum KW/H \quad (9)$$

$$E_{diaria} = 1139,47 \text{ KWh/día}$$

Con la energía diaria calculamos la potencia instalada con la siguiente fórmula:

$$P_{instalada} = \frac{E_{diario}}{PVOUT} \quad (10)$$

$$P_{instalada} = \frac{1139,47 \text{ KWh/día}}{4.581 \text{ kWh/kWp/día}} = 248,74 \text{ KWp}$$

Para calcular la capacidad energética del sistema solar, se tomó en cuenta la producción específica (PVOUT) suministrada por el Global Solar Atlas, que para Quito es de 4.581 kWh/kWp/día. Este dato ya tiene en cuenta las pérdidas comunes del sistema, como el rendimiento del inversor, la temperatura de funcionamiento, el cableado, la acumulación de suciedad y la inclinación de los módulos, por lo que no es necesario aplicar la Hora Solar Pico (HSP) ni considerar un factor de rendimiento global.

Con el dato de la potencia requerida, calculamos el número de paneles solares necesarios, para ello utilizaremos el panel monocristalino el cual se puede observar sus

datos eléctrico en la Tabla 26, aplicamos la siguiente fórmula para determinar los paneles requeridos.

$$\text{Número de panel} = \frac{\text{Potencia total del sistema (KWp)}}{\text{Potencia del panel (KWp)}} \quad (11)$$

$$\text{Número de panel} = \frac{248,74 \text{ (KWp)}}{0,615 \text{ (KWp)}} = 404,45$$

Tenemos un valor de 404,45 paneles el cual se redondea a 405 paneles, ahora bien, para la instalación de los paneles debemos considerar nuestra área disponible y el área del panel seleccionado este dato lo podemos ver en la **Figura 47**.

$$\text{Área disponible techo} = 35,02 \times 44,28 \text{ m}^2 = 1549,68 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del panel} = 2,38 \times 1,13 \text{ m}^2 = 2,69 \text{ m}^2$$

$$\text{Área} = \text{número de panel} * \text{área del panel m}^2 \quad (12)$$

$$\text{Área} = 405 * 2,69 = 1089,45 \text{ m}^2$$

Con el resultado obtenido de 1089,45 m<sup>2</sup> como área requerida para la instalación de los 405 paneles solares, se puede verificar que esta superficie es inferior al área disponible de 1,549.68 m<sup>2</sup>. Por lo tanto, se confirma que el espacio disponible es suficiente para llevar a cabo la instalación del sistema fotovoltaico propuesto, sin restricciones físicas que afecten la distribución o el rendimiento de los módulos.

**Tabla 26**

*Panel monocristalino*

Electrical Parameters	
Module Type: SP635M-66H	615
Maximum Power (Pmax/w)	615
Open Circuit Voltage (Voc/V)	50,80
Short Circuit Current (Isc/A)	15,37
Voltage at maximum power (Vmp/V)	42,15

Current at maximum power (Imp/A)	14,60
Module Efficiency (%)	22,77

Nota extraída de (Sumpal, p. 2)

## Figura 47

### *Características mecánicas*

#### Mechanical Characteristics

Solar Cells	HJT Mono 182×105mm
No. of Cells	132 (6×22)
Dimensions	2382 × 1134 × 30mm
Weight	33.6kg
Glass Thickness	(F) 2.0mm anti-reflective solar glass   (B) 2.0mm solar glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68
Output Cables	4mm <sup>2</sup> , 300mm in length, length can be customized / UV resistant
Connectors	MC4 original /MC4 compatible
Mechanical Load Test	5400Pa
Packaging	36pcs/box, 720pcs/40'HQ

Nota extraída de (Sumpal, p. 2)

Con una potencia instalada total de 248,74 kWp, se determina que el modelo de inversor requerido es el S5-GC (100-110) K de 100 kW de potencia nominal AC, cuyos datos técnicos se presentan en la **Figura 48**. Para cubrir toda la potencia del sistema, se dispondrán tres inversores de 100 kW, asignando por inversor 135 paneles fotovoltaicos, lo que representa una potencia de entrada de aproximadamente 83,02 kWp por inversor.

## Figura 48

### *Inversor seleccionado*

#### Hoja de datos

#### S5-GC(100-110)K

Modelo	100K	110K
<b>Entrada (DC)</b>		
Voltaje máximo de entrada		1100 V
Voltaje nominal		600 V
Voltaje de arranque		195 V
Rango de voltaje MPPT		180 - 1000 V
Corriente máxima de entrada		10 × 32 A
Corriente máxima de cortocircuito		10 × 40 A
Número de MPPT / Número máximo de cadenas de entrada		10 / 20
<b>Salida (AC)</b>		
Potencia nominal de salida	100 kW	110 kW
Potencia aparente máxima de salida	110 kVA	121 kVA
Potencia máxima de salida	110 kW	121 kW
Voltaje nominal de la red	3/N/PE, 220 V / 380 V, 230 V / 400 V	
Frecuencia nominal de la red	50 Hz / 60 Hz	
Corriente nominal de salida de red	152.0 A / 144.3 A	167.1 A / 158.8 A
Corriente máxima de salida	167.1 A / 158.8 A	183.8 A / 174.7 A
Factor de potencia	> 0.99 (0.8 capacitivo a 0.8 inductivo)	
THDI	< 3%	
<b>Eficiencia</b>		
Eficiencia máxima	98.7%	
Eficiencia EU	98.3%	

Extraído de (SOLIS)

### **Determinación del número de paneles solares conectados en serie**

La conexión en serie de paneles solares, denominada string, tiene como principal característica mantener la corriente del sistema constante ( $I_{\text{máxp}}$ ), mientras que el voltaje total aumenta. En esta configuración, los voltajes máximos ( $V_{\text{máxp}}$ ) de cada panel se suman, dando como resultado un voltaje total del string ( $V_{\text{string}}$ ) equivalente a la suma de las tensiones individuales.

Este tipo de arreglo debe planificarse cuidadosamente, considerando el voltaje máximo soportado por el inversor, ya que este equipo es el encargado de convertir la energía en corriente continua (DC) a corriente alterna (AC) para su uso en la red eléctrica o en aplicaciones domésticas e industriales. Además, es crucial verificar que la tensión total del string no supere los límites del inversor para evitar daños en el sistema y garantizar un funcionamiento eficiente.

Otra ventaja de esta configuración es que reduce las pérdidas por resistencia en los cables, ya que, al trabajar con voltajes más altos, la corriente se mantiene baja, disminuyendo así el calentamiento y mejorando el rendimiento general de la instalación fotovoltaica.

$$(Nmín_{ps}; Nmáx_{ps}) = \left( \frac{Vmin}{Vp}; \frac{Vmáx_{iv}}{Vp} \right) \quad (13)$$

Donde:

$Nmín_{ps}$  = Número mínimo de paneles solares que serían conectados en serie

$Nmáx_{ps}$  = Número máximo de paneles solares que serían conectados en serie

$Vmin_{iv}$  = Voltaje mínimo del inversor

$Vmáx_{iv}$  = Voltaje máximo del inversor

$VP$  = Voltaje nominal del panel solar

La configuración en serie de los paneles solares está determinada por el rango de voltaje que permisible en la entrada del inversor, el cual varía entre 180 y 1000 V, conforme a los datos técnicas del equipo como se muestra en la **Figura 48**. El valor del voltaje de cada panel (VP) se obtiene de los datos de placa o datos técnicos del panel elegido. Con esta información, se calcula la cantidad de paneles solares que deben conectarse en serie.

$$(Nmín_{ps}; Nmáx_{ps}) = \left( \frac{180V}{42,15}; \frac{1000V}{42,15V} \right)$$

$$(Nmín_{ps}; Nmáx_{ps}) = (4,27; 23,7) \approx (5; 24)$$

Se determina que en cada inversor se puede conectar entre 5 y 24 paneles solares, garantizando así un margen operativo adecuado para el inversor elegido.

### **Determinación del número de paneles en paralelo**

Cuando los strings de paneles solares se conectan en paralelo, el voltaje máximo ( $Vmáxp$ ) se mantiene constante, mientras que la corriente total del sistema

( $I_{máxp}$ ) aumenta, sumándose las corrientes generadas por cada string. Al igual que en la configuración en serie, el inversor tiene un límite en la cantidad de paneles que puede soportar en paralelo, por lo que es fundamental respetar sus especificaciones técnicas.

Para determinar el número máximo de paneles en paralelo, se puede realizar un análisis considerando diferentes configuraciones en serie. Por ejemplo, si se determina que la conexión más eficiente es de 15 paneles en serie por string, y el sistema tiene un límite total de 405 paneles, entonces el número máximo de strings en paralelo se calcula de la siguiente manera:

$$N_{PP} = \frac{N_{PT}}{N_{PS}} \quad (14)$$

$$N_{PP} = \frac{405}{15}$$

$$N_{PP} = 27$$

Con los cálculos obtenidos se configura el sistema fotovoltaico a cada strings con 15 paneles conectados en serie, alcanzando así el voltaje requerido por el inversor. Se han diseñado 27 strings en paralelo, los cuales se distribuyen equitativamente entre tres inversores de 100 kW. Esto permite que cada inversor reciba 9 strings (equivalentes a 135 paneles), manteniéndose dentro de sus límites de potencia y corriente tal como se ve en la **Figura 49**. En total, el sistema cuenta con 405 paneles, asegurando una adecuada distribución de carga, eficiencia energética y compatibilidad técnica con los inversores seleccionados.

De acuerdo con (Saborio, 2019), Al finalizar este proceso, es esencial verificar que la energía proporcionada por cada uno de los conjuntos cumpla con las necesidades del sistema, asegurándose también de que se permanezca dentro de los límites establecidos por los inversores.

### ***Voltaje de arreglo***

Para determinar este valor multiplicamos el número de paneles conectados en serie del arreglo por el voltaje nominal del panel solar tal como se ve en la siguiente ecuación:

$$V_A = N_{psa} * V_{NP} \quad ( 15 )$$

Donde:

$V_A$  = Es el voltaje del arreglo

$N_{psa}$  = Cantidad de paneles solares unidos en serie dentro del arreglo

$V_{NP}$  = Voltaje nominal de cada panel solar

### ***Corriente de arreglo***

Ahora para determinar la corriente de arreglo multiplicamos el número de paneles conectados en paralelo del arreglo como se ve en la ecuación siguiente:

$$I_A = N_{ppa} * I_{NP} \quad ( 16 )$$

Donde:

$I_A$  = Es la corriente del arreglo

$N_{ppa}$  = Cantidad de paneles solares conectados en paralelo en el arreglo

$I_{NP}$  = Valor de la corriente nominal de cada panel solar

### ***Cálculo de los arreglos***

Empleando las fórmulas ( 15 ) y ( 16 ) se obtiene los siguientes resultados:

**Voltaje:**

$$V = 15 * 42,15V$$

$$V = 632,25 V$$

**Corriente:**

$$I = 9 * 14,60 A$$

$$I = 131,4 A$$

Ahora se determina la potencia de arreglo con los valores calculados:

$$P = V * I \quad ( 17 )$$

$$P = 632,25 V * 131,4 A$$

$$P = 83077,65 W$$

$$P = \frac{83077,65 W}{1000} = 83,07 kW$$

Con el cálculo obtenido de la potencia de arreglo, al considerar la tensión y corriente máxima del arreglo, se obtiene una potencia de 83,07 kW.

De acuerdo con (Solanki, 2021), es recomendable sobredimensionar el arreglo fotovoltaico entre un 10 % y un 20 % respecto a la capacidad nominal del inversor, siempre que se respeten los límites de voltaje y corriente del equipo.

**Conductores:**

Para realizar las conexiones eléctricas de los elementos fotovoltaicos, es importante determinar el tamaño de conductores, canalizaciones con la finalidad de prevenir fallos a largo plazo

**Conductores y breaker de conexión entre paneles solares**

$$I_c = \frac{I_{nom} * 1,25}{FT * FC} \quad ( 18 )$$

Donde:

$I_c$  = Es la corriente del conductor

$I_{nom}$  = Se considera que es la corriente nominal del circuito

$FT$  = Factor de corrección determinado por la temperatura.

$FC$  = Factor de corrección determinado por la cantidad de conductores

Para efectuar los cálculos correspondientes se emplea la ecuación ( 18), se considera la corriente nominal del circuito, que en este caso corresponde a la corriente de salida previamente determinada para los paneles solares, con un valor de 131,4 A. Se empleará un solo conductor por cada fase. Para ello usamos la Tabla 11, el cual indica un factor de corrección por cantidad de conductores es igual a 1. Así mismo, se aplica un factor de corrección térmica de 1, según la **Tabla 12** el cual indica el rango de operación de 0 y 30 °C.

$$I_c = \frac{131,4 A * 1,25}{1 * 1}$$

$$I_c = 164,25 A$$

Con el amperaje determinado se dimensiona un conductor de calibre 1/0 ya que soporta una corriente de 170 A tal como se ve en la **Figura 33**, y un breaker monofásico de 175 A de acuerdo con la **Tabla 13**.

***Conductor y breaker para la salida del inversor.***

Para determinar el conductor del inversor utilizamos la corriente máxima proporcionada por el mismo, el cual es de 167,1 A, De igual manera por fase mantendremos un solo conductor a una temperatura ambiente de 0-30°C.

$$I_c = \frac{167,1 A * 1,25}{1 * 1}$$

$$I_c = 208,87 A$$

Con el amperaje determinado se dimensiona un conductor de calibre 3/0 ya que soporta una corriente de 225 A tal como se ve en la **Figura 33**, y un breaker de 225 A tal como se ve en la **Tabla 13**. En las salidas del inversor se conectará cada fase en paralelo teniendo así en una fase 3 cables que se asume como una línea, y de igual manera en la fase 2 y 3 tal como se muestra en la **Figura 49**.

### ***Cálculo de batería***

Según (Jorge, 2018), la cantidad requerida de almacenamiento en el banco de baterías, que asegurará el servicio ininterrumpido a la empresa en caso de interrupciones eléctricas, se puede calcular con la fórmula siguiente.

$$Bateria = \frac{Consumo\ diario * días\ de\ autonomía}{P_d * V_B * N} \quad (19)$$

Donde:

$P_d$  = Nivel máximo permitido de descarga de las baterías

$V_B$  = Voltaje nominal correspondiente a las baterías

$N$  = eficiencia de la batería

$$Bateria = \frac{113974W * 3h}{0,8 * 48V} = 8904,21 Ah$$

Una vez definido la capacidad necesaria del banco de baterías, se procede a calcular cuantas unidades se necesita para cubrir con la demanda. De acuerdo con (Macias, 2018), esto se calcula con la siguiente formula:

$$N_{Tb} = \frac{V_{nom} * C_T}{V_B * C_B} \quad (20)$$

Donde:

$N_{Tb}$  = Cantidad total de baterías para colocar en el banco

$V_{nom}$  = Voltaje nominal del banco de baterías

$C_B$  = Capacidad de cada batería

$$N_{Tb} = \frac{51,2 * 8904,21}{48 * 280} = 33,92$$

Al conocer la cantidad total de baterías necesarias para el banco, que se determina según el voltaje de operación del sistema y de cada batería individualmente, es fundamental establecer cuántas se conectarán en serie y cuántas en paralelo.

$$N_{bs} = \frac{V_{nom}}{V_B} \quad (21)$$

$$N_{bs} = \frac{51,2}{48} = 1,06$$

$$N_{bp} = \frac{N_{Tb}}{N_{bs}} \quad (22)$$

$$N_{bp} = \frac{34}{2} = 17$$

La mejor manera de conectar las baterías es a través de una conexión en serie; no obstante, para asegurar una buena distribución y equilibrio del sistema, se utilizarán dos configuraciones en serie. Cada una de ellas tendrá 17 baterías conectadas en paralelo.

**Tabla 27**

*Batería seleccionada*

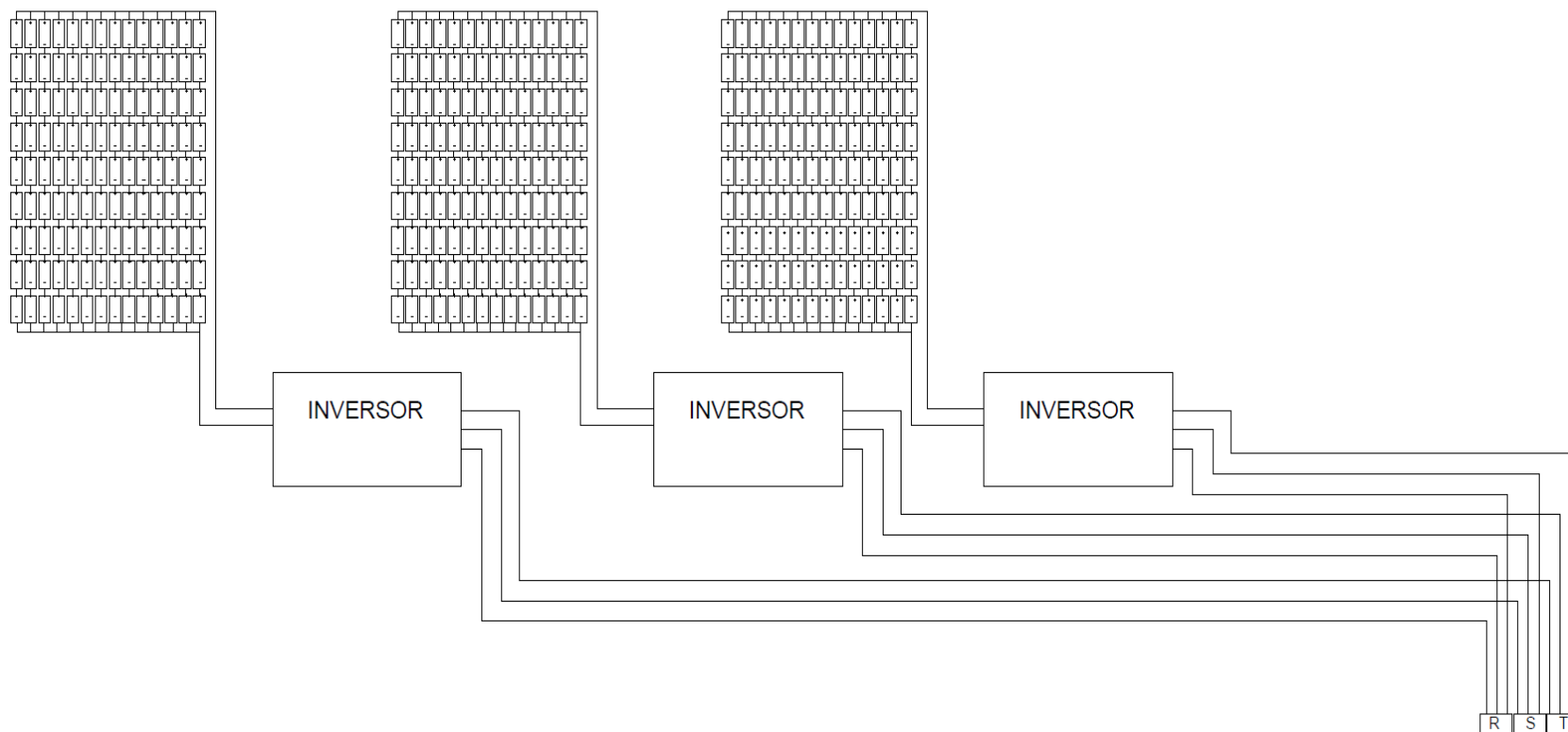
Batería de litio de 280 Ah y 48 V	
Fosfato de hierro y litio (LiFePO4)	
Voltaje nominal	51,2 V
Capacidad nominal	280 Ah
Voltaje de absorción	56,8 a 58,4 V
Voltaje de flotación	56,0 a 56,8 V
Ecularizar voltaje (si corresponde)	56,8 a 58,4 V (igual que la absorción)
Tiempo de absorción	60 a 120 minutos
Compensación de temperatura	No
Voltaje de corte de carga	58,4 V
Voltaje de corte de descarga	40 voltios
Batería de litio de 280 Ah y 48 V	
Corriente de carga recomendada	100 <sup>a</sup>
Corriente de descarga recomendada	100 <sup>a</sup>
Batería de litio de 280 Ah y 48 V	
Corriente máxima de carga continua	200 <sup>a</sup>
Corriente máxima de descarga continua	200 <sup>a</sup>
Corriente de descarga máxima	210 <sup>a</sup>
Conexión Bluetooth	Sí
Autocalentamiento	No
Estándar IP	IP30
Comunicación	CAN/RS485/RS232
Cambiar	Sí

Batería de litio de 280 Ah y 48 V	
Protección BMS	Sobre corriente de carga Cortocircuito Temperatura alta/baja
Resistencia interna	$\leq 30 \text{ m}\Omega$
Corriente de fuga del BMS	$\leq 3 \text{ mA}$
Carga de temperatura de funcionamiento	32 °F (0 °C) a 131 °F (55 °C)
Descarga de temperatura de funcionamiento	-4 °F (-20 °C) a 131 °F (55 °C)
Temperatura de almacenamiento 1 semana	-4(-20°C) a 149°F (65°C)
Temperatura de almacenamiento 1 mes	-4 °F (-20 °C) a 113 °F (40 °C)
Temperatura de almacenamiento 1 año	-4 °F (-20 °C) a 77 °F (25 °C)
Humedad de funcionamiento:	5% a 90 % de humedad relativa
Almacenamiento de humedad:	35% a 85% de humedad relativa
Certificaciones ONU 38.3; CE	
Ciclo de vida	6000 ciclos
Vida útil del producto	10 años (prorrateado)

Nota: extraído de: (ECO-SOURCES, 2022)

**Figura 49**

*Esquema representativo*



Nota: representación de conexión de los tres inversores con la conexión mixta de los paneles

Con el calibre de con ductor determinado para los paneles e inversor, calculamos la bandeja eléctrica requerida, ya que al ser un calibre 1/0 y 3/0 respectivamente y pasarlo por tubería sería muy laborioso, para facilitar este trabajo se optar por bandejas eléctricas. Para el dimensionamiento usaremos las siguientes ecuaciones o formulas.

***Área transversal del conductor***

$$A_c = \pi(D/2)^2 \tag{ 23 }$$

**Donde:**

Ac: área transversal del conductor mm<sup>2</sup>

D: diámetro exterior del conductor en mm

$$A_c = \pi(12,05/2)^2 = 114,04 \text{ mm}^2$$

$$A_c = \pi(14,43/2)^2 = 163,53 \text{ mm}^2$$

***Área total ocupada por los conductores***

$$A_{total} = N * A_c \tag{ 24 }$$

**Donde:**

A total: área ocupada por los conductores mm<sup>2</sup>

N: número total de conductores.

$$A_t = 6 * 114,04 = 684,25 \text{ mm}^2$$

$$A_t = 9 * 163,53 = 1471,77 \text{ mm}^2$$

***Área útil de la bandeja***

$$A_{bandeja} = \frac{A_{total}}{F} \tag{ 25 }$$

**Donde:**

A bandeja: área mínima útil de la bandeja mm<sup>2</sup>

A total: área total de los conductores mm<sup>2</sup>

F: factor de ocupación permitido (para bandeja ventilada, F = 0.40 → 40 %)

$$A_{bandeja} = \frac{684,25}{0,40} = 1710,62 \text{ mm}^2$$

$$A_{bandeja} = \frac{1471,77}{0,40} = 3679,42 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con la medida obtenida en el área útil de la bandeja de 1710,62mm<sup>2</sup> para el calibre 1/0, podemos determinar que la bandeja requerida es de 100x20 mm, teniendo una sección de 1900 mm<sup>2</sup>, para el calibre 3/0 tenemos el área útil de 3679,42mm<sup>2</sup> la bandeja adecuada sería de 200x20 mm con una sección de 3800mm<sup>2</sup> tal como se ve en la **Figura 50**.

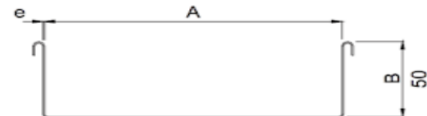
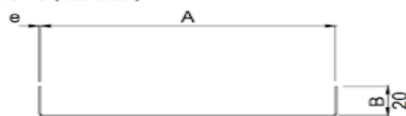
**Figura 50**

*Bandeja porta cable comercial*

**Tipo perforada**

ALA 20			ALA 50		
CODIGO	A x B mm	SECCION mm <sup>2</sup>	AMB (E M)	A x B mm	SECCION mm <sup>2</sup>
TRP-50-B	50x20	950	TRP-50	50x50	2,450
TRP-100-B	100x20	1,900	TRP-100	100x50	4,900
TRP-150-B	150x20	2,850	TRP-150	150x50	7,350
TRP-200-B	200x20	3,800	TRP-200	200x50	9,800
TRP-250-B	250x20	4,750	TRP-250	250x50	12,250
TRP-300-B	300x20	5,700	TRP-300	300x50	14,700
TRP-450-B	450x20	8,550	TRP-450	450x50	22,050
TRP-600-B	600x20	11,400	TRP-600	600x50	29,400

e:BWG 20 (0.89mm)  
e:BWG 18 (1.24mm)



Nota: extraído de (Samet , 2021)

**Tabla 28**

*Resumen de elementos del sistema*

Sistema fotovoltaico	
Paneles solares capacidad 615 wp	405 unidades
Inversor de 100 Kw	3 unidades
Cable THHN 1/0	100 M
Sistema fotovoltaico	
Batería de litio portátil de 48 V y 280 Ah	34 unidades
Cable THHN 3/0	50 M

Sistema fotovoltaico	
Breaker 175 A 2P	3 unidad
Breaker 225 A 3P	1 unidad
Bandeja 100x200	100 M
Bandeja 200x20	50 M

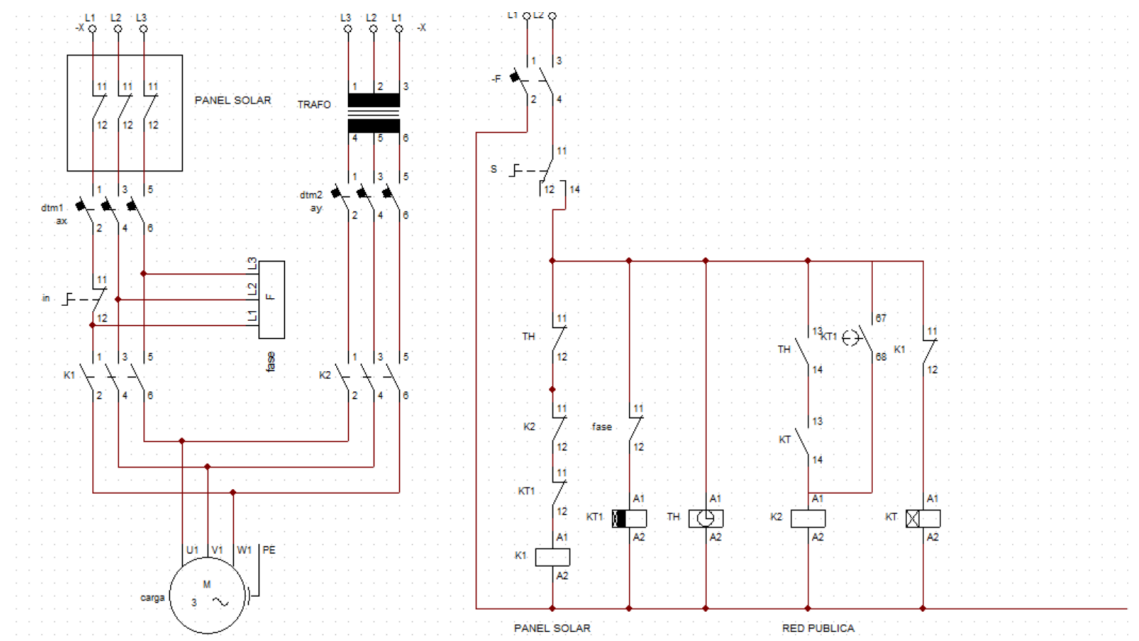
Una vez terminado el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se debe tener un sistema automático que realice el intercambio de la red pública al sistema solar. Para ello se diseña un tablero de transferencia automática el cual se puede ver en la **Figura 51**, el será el encargado de realizar la función de cambiar del sistema fotovoltaico a la red pública en el horario de 07:30 am a 17:30 pm, y en la noche si se presenta una falla en la red pública, automáticamente se conectará el sistema fotovoltaico.

Por fallas que pueda presentar en el día que será el horario de uso del sistema fotovoltaico, se instalara un protector de fase el cual monitoreara las líneas y si presenta una falla, automáticamente realizara el cambio a la red pública hasta identificar la falla y realizar las correcciones pertinentes.

Como un sistema de seguridad por alguna falla en el bobinado del contactor y se quede trabado, se instalará un protector mecánico que si uno de los contactores no regresa a su posición inicial no permitirá la activación del otro elemento, con eso se propone mitigar un posible cortocircuito.

**Figura 51**

*Diseño de tablero de transferencia automática*



Nota: diseñado por el autor del trabajo de titulación.

De acuerdo con la **Tabla 25**, el sistema fotovoltaico se dimensiona exclusivamente para el abastecimiento de los cuartos fríos, los cuales se definen como las cargas críticas dentro del proyecto. El diseño considera un período de operación continuo desde las 07:30 hasta las 17:30, cubriendo la demanda diurna mediante generación directa. Adicionalmente, se prevé un respaldo energético de hasta tres horas en horario nocturno a través de un banco de baterías, a fin de garantizar la continuidad del servicio siempre y cuando la alta dirección apruebe la instalación de las baterías.

Una de las principales problemáticas identificadas en el sistema actual es la toma manual de lecturas de temperatura en las cámaras de frío, lo cual representa un proceso ineficiente, propenso a errores y que no permite una supervisión continua del estado operativo de las unidades de refrigeración. Esta limitación impide la detección oportuna de anomalías que podrían comprometer la calidad de los productos almacenados.

Como solución, se propone el diseño e implementación de un sistema de monitoreo automatizado de temperatura utilizando controladores de la marca Full Gauge, los cuales permiten la supervisión en tiempo real de cada cámara de frío de la organización. Estos controladores se integran al software Sitrad Pro, al cual pueden conectarse mediante red local o Internet, asignando una dirección IP a cada equipo. El sistema permite:

- Visualizar en tiempo real las temperaturas internas de las cámaras.
- Configurar rangos de operación seguros.
- Generar alertas automáticas cuando se detectan desviaciones fuera de los parámetros establecidos.
- Almacenar un historial de registros y eventos, facilitando el análisis de datos, la trazabilidad de fallas y la toma de decisiones basadas en evidencias.

Todos los equipos que se encuentran instalados en la organización son de congelación, para ello se utilizara el termostato TC940 plus, el cual es compatible para conectar al sitrad. Sus especificaciones eléctricas se muestran en la **Figura 52**.

**Figura 52**

*Termostato TC940 PLUS*



**3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**  
**Tensión de alimentación:** 12 Vdc +/- 10%  
**Temperatura de control:** -50°C a 75°C / -58°F a 167°F  
**Temperatura de operación:** 0°C a 50°C / 32°F a 122°F  
**Resolución:** 0,1 °C de -10°C a 75°C, 1°C en el restante del rango / 1°F en todo el rango.  
**Humedad de operación:** 10 a 90% HR (sin condensación)  
**Corrientes máximas de las cargas:** (salidas)  
**COMP:** 12(8)A/240 Vac 1 HP (compresor, válvula solenoide o interruptor)  
**FANS:** 5(3)A/240 Vac 1/8 HP (ventilador del evaporador)  
**DEFR:** 5(3)A/240 Vac (deshielo a través de resistencia o de gas caliente).  
**AUX:** 3A/240Vac carga resistiva (alarma externa, accionamiento de lámpara, válvula inversora de ciclo).  
**Dimensiones:** 71 x 28 x 71 mm

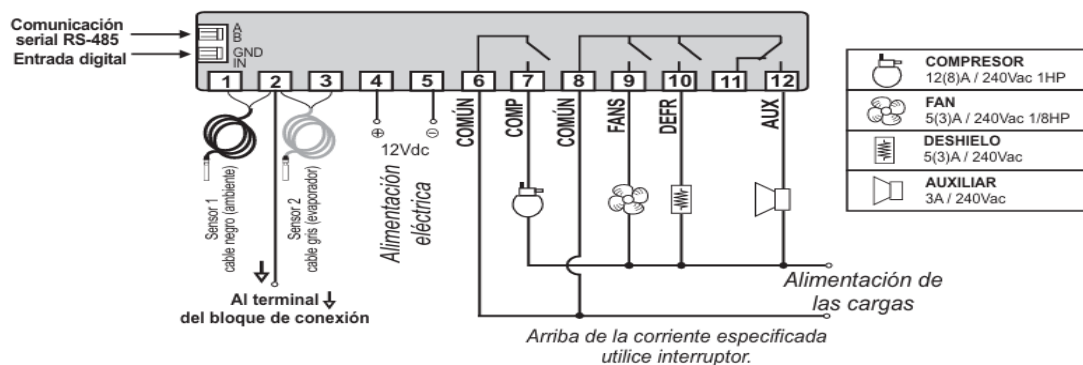
Nota: extraído: (Full Gauge, 2025, p. 1)

Ahora, para poder realizar la conexión de comunicación entre controladores de los otros equipos se utiliza el bloque de conexión siguiendo un orden específico en los conductores, ejemplo cable color rojo puerto “A” y cable color blanco puerto “B”, como se puede ver en la **Figura 54**, esa misma secuencia debe seguir todos los controladores. Una vez comunicado todos los controladores se utiliza la Interfaz Serial RS-485, el cual es un dispositivo utilizado para establecer la conexión de los instrumentos de Full Gauge y su salida de conexión se puede apreciar en la **Figura 53** en los puertos A y B.

**Figura 53**

*Especificaciones de las conexiones de los elementos*

### 6. ESQUEMA DE CONEXIÓN

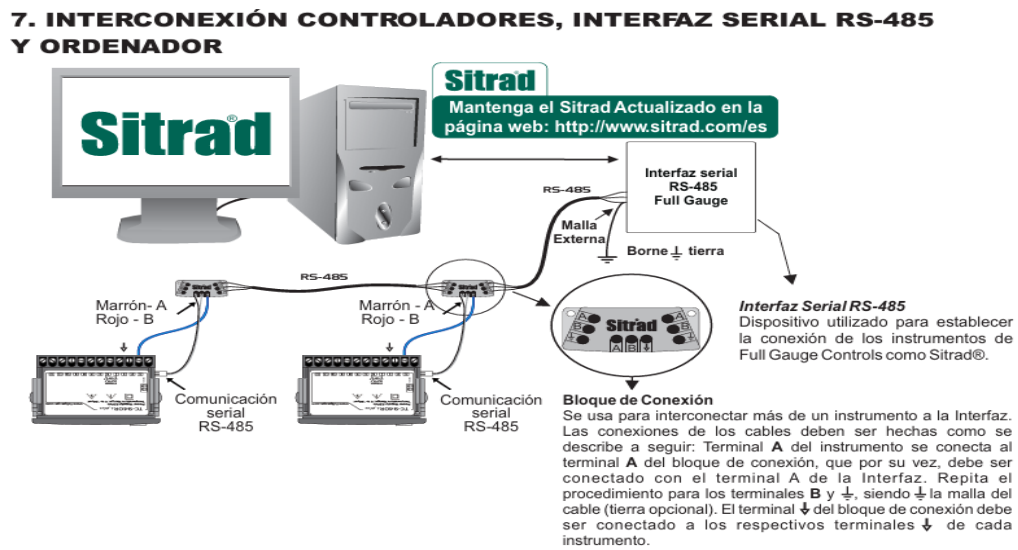


- El sensor S1 debe permanecer en el ambiente (negro).
- El sensor S2 debe permanecer fijado en el evaporador a través de la abrazadera metálica (gris).

Nota: extraído: (Full Gauge, 2025, p. 6)

**Figura 54**

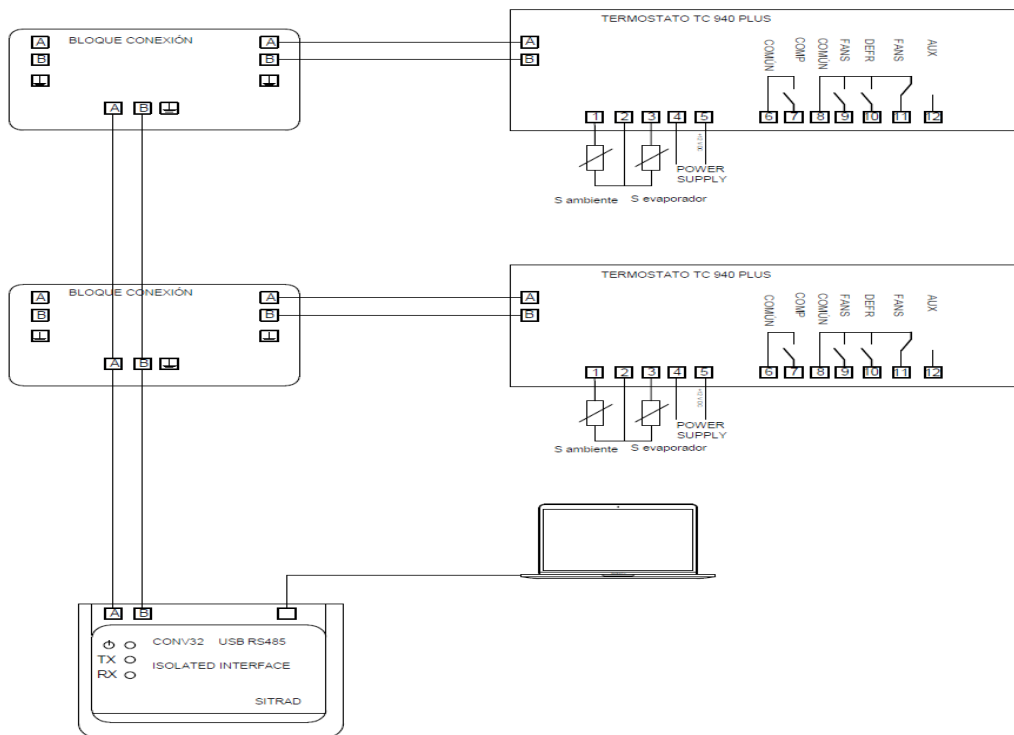
*Detalle de elementos de conexión*



Nota: extraído: (Full Gauge, 2025, p. 6)

**Figura 55**

*Esquema de conexión*

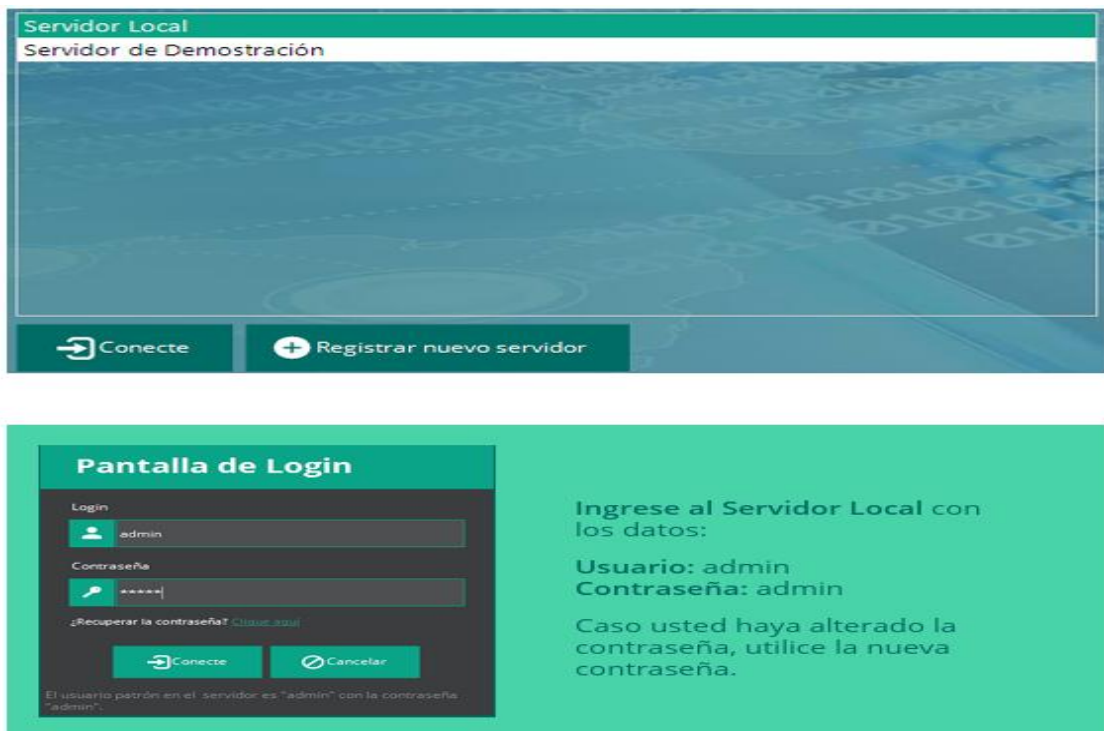


Nota: en este sistema se puede conectar hasta 32 cámaras de frío, y la variable que controlará será temperatura.

Una vez que se tiene realizado todas las conexiones, procesemos a la configuración para ello se descarga el software SITRAD VERSION 1.8.12. Con el programa descargado e instalado al ingresar al programa nos solicitara una contraseña y nombre de usuario como se ve en la **Figura 56**.

### Figura 56

*Creación de usuario*



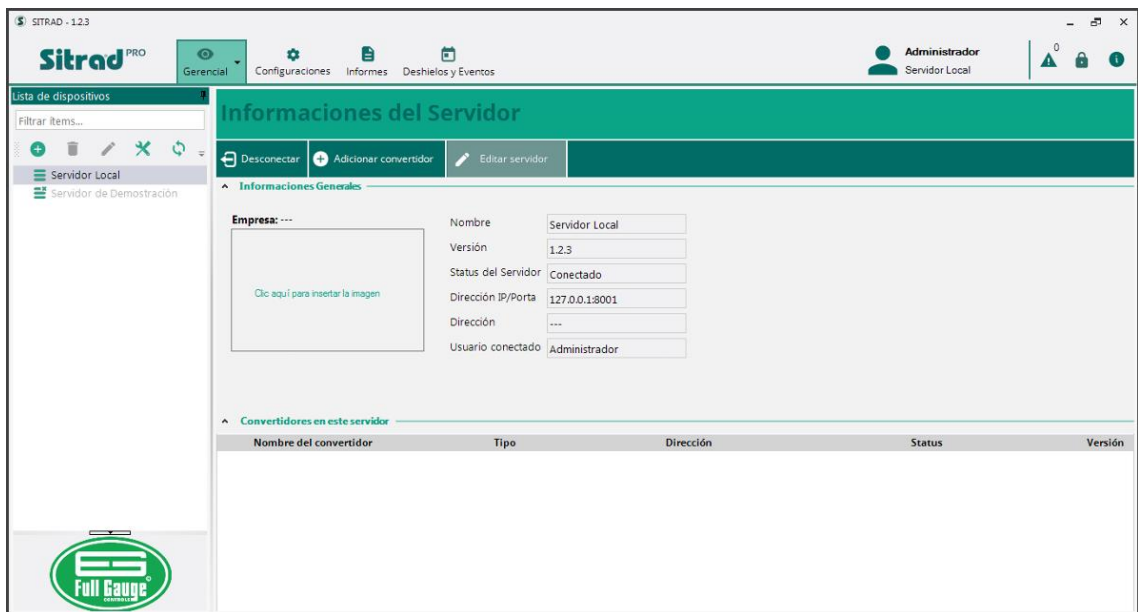
Nota: extraído (Sitrad Pro, p. 5)

Una vez registrado el usuario nos direccionara a la pantalla principal, en este apartado podemos registrar el conversor mediante los siguientes pasos:

1. Click en “+”
2. Click en buscar automáticamente.
3. El Sitrad Pro localizara automáticamente todos los conversores conectados en el computador o en la red.
4. Efectuar un click doble sobre el conversor deseado.
5. Guardar ver **Figura 58**

**Figura 57**

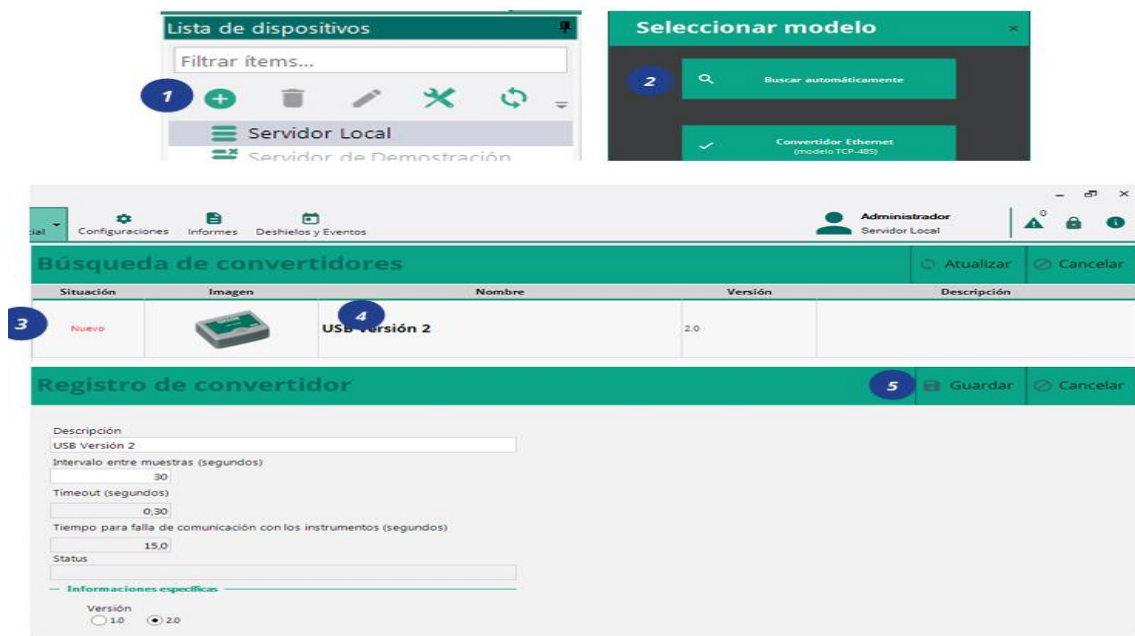
*Pantalla principal*



Nota: extraído (Sitrad Pro, p. 6)

**Figura 58**

*Registro de conversor*



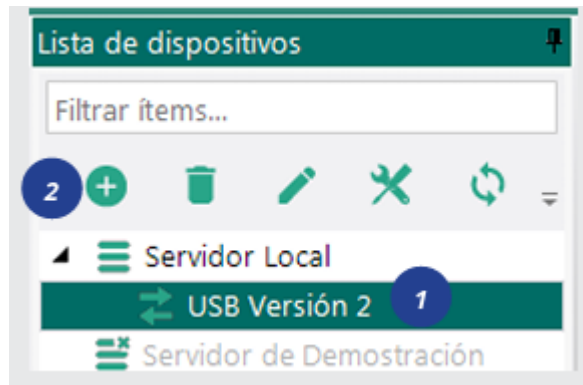
Nota: extraído (Sitrad Pro, p. 7)

Una vez seleccionado el conversor deseado, se procese con el registro de instrumentos, se tiene dos opciones para este paso. opción 1 click en el botón buscar

instrumentos, en la misma pantalla del conversor. Opción 2 seleccionar el conversor deseado, dar click en el botón destacado al lado para localizar los instrumentos que están conectado a este conversor.

**Figura 59**

*Opciones de selección de instrumentos*



Nota: extraído (Sitrad Pro, p. 8)

La exploración puede realizarse de forma automática en todas las direcciones de la red RS-485 o bien en una dirección concreta del dispositivo. Una vez que se encuentra el dispositivo, se registra de manera automática y aparecerá en la columna lateral izquierda.

**Figura 60**

*Dispositivo encontrado*



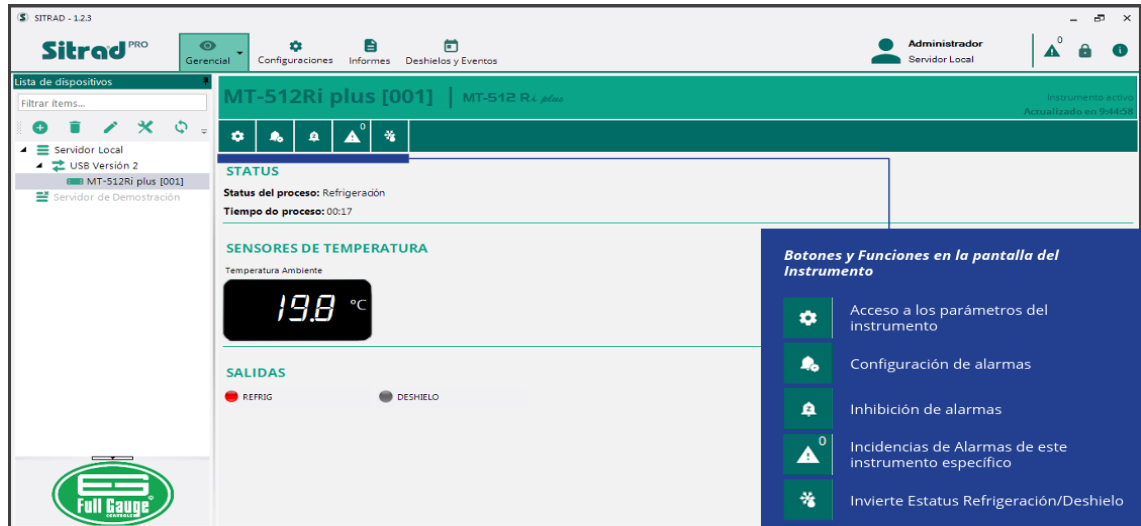
Nota: extraída (Sitrad Pro, p. 8)

Una vez encontrado los instrumentos, en la pantalla principal nos mostrara los datos de configuración y la temperatura ambiente tal como se muestra en la **Figura 61**,

también podemos acceder a las funciones para verificar los parámetros que necesitamos tal como se ve en la **Figura 62**.

**Figura 61**

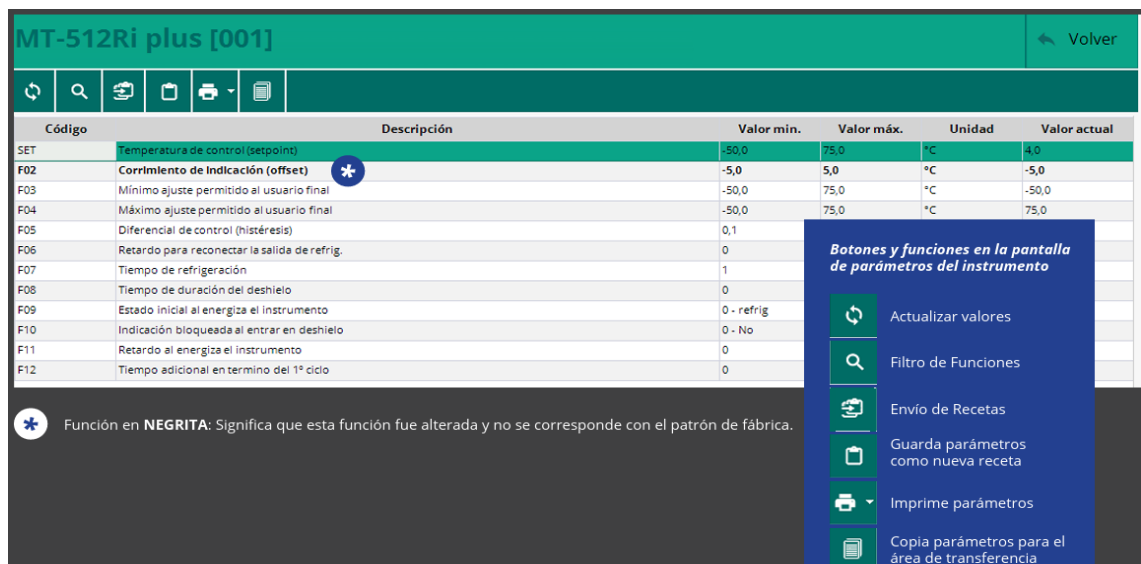
*Parámetros de configuración.*



Nota: extraído (Sitrad Pro, p. 9)

**Figura 62**

*Parámetros de funcionamiento*



Nota: extraído (Sitrad Pro, p. 10)

Uno de los principales usos del programa es su configuración de alarmas, es posible configurar diversos tipos de alarmas que pueden cambiar según el instrumento.

Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

1. Click en configurar.
2. Active la alarma
3. Defina los límites
4. Guardar ver **Figura 63**

**Figura 63**

### Configuración de alarmas

Descripción	Virtual	Habilitado	Mínimo	Máximo	Valor actual	Ignorado en	Configurar [F9]
Falla de comunicación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					Configurar
Sensor desconectado o defectuoso	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					Configurar
Alarma de temperatura fuera de los límites configurados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			30.2		Configurar
Alarma de desvío relativo al setpoint	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			16.2		Configurar

Instrumento	Descripción	Inicio	Final	Reconocido por
Servidor Local >> USB Versión 2 >> MT-512Ri plus [001]	Alarma de temperatura fuera de los límites configurados	31/08/2017 9:52:41		

Nota: extraído (Sitrad Pro, p. 11)

En el modo de Listado se pueden ver todos los dispositivos que están conectados a uno o más servidores en una única pantalla, aquí podremos visualizar la temperatura de cada uno de los cuartos fríos, o a su vez podemos visualizar el estado de los instrumentos, es decir, si se encuentra en mantenimiento, funcionamiento normal o si presenta una falla de comunicación. También se puede evidenciar el momento en el que el equipo ha entrado al deshielo.

El Sitrad Pro posibilita la elaboración de los siguientes tipos de reportes:  
Reporte Gráfico presenta toda la información registrada en el Sitrad Pro por un dispositivo en un gráfico cartesiano.

Reporte de Texto expone toda la información registrada en el Sitrad Pro por un dispositivo en formato de texto (hoja).

Reporte de Alarmas detalla todas las alarmas que se han producido durante el periodo en el dispositivo elegido.

Resumen de las temperaturas permite seleccionar el momento exacto en el que desea conocer la temperatura. Este reporte mostrará la temperatura actual (Set Point), la diferencia entre la temperatura registrada y el Set Point, el proceso en el que se encontraba el dispositivo y su estado.

Reporte predefinido al crear un reporte, es posible guardar las configuraciones predeterminadas de este, lo que facilitará la generación de futuros reportes de manera más rápida, beneficiando a los usuarios que necesiten realizar este procedimiento varias veces al día o a la semana, para acceder a la información del mismo dispositivo y durante el mismo periodo. En las configuraciones predefinidas se incluyen los modelos de los dispositivos, magnitudes, estado de las salidas y el periodo. (Sitrad Pro, p. 14)

**Figura 64**

*Modo listado*

**ESTATUS DEL INSTRUMENTO**

- En Mantenimiento
- Funcionamiento Normal
- Falla de Comunicación

**FUNCIONES DEL MODO LISTADO**  
Las informaciones del modo Listado son las mismas del modo Gerencial, pero reducidas.

Es posible ingresar directamente a la pantalla o a los Parámetros de los instrumentos incluso estando en el modo Listado

1 Ir a la pantalla del Instrumento seleccionado.  
Clique doble en la barra

2 Open instrument screen

3 Setup

Nota: extraído (Sitrad Pro, p. 13)

**Figura 65**

*Ejemplo de informe grafico*

**INFORME GRÁFICO | EDICIÓN**

1 Acceso a las funciones del gráfico

2 Vuelta al Gráfico

3 Edición del Gráfico

Ejemplo de Informe Gráfico

Nota: extraído (Sitrad Pro, p. 15)

Con la finalidad de conocer una de las funciones del sistema sitrad, se instala en uno de los cuartos fríos como prueba. Y como se observa en la **Figura 66**, el compresor

sigue un ciclo de trabajo ON-OFF, mediante un termostato donde se apaga cuando alcanza la temperatura de setpoint  $-18^{\circ}\text{C}$ , y se reactiva cuando la temperatura aumenta  $2^{\circ}\text{C}$ , sobre el setpoint.

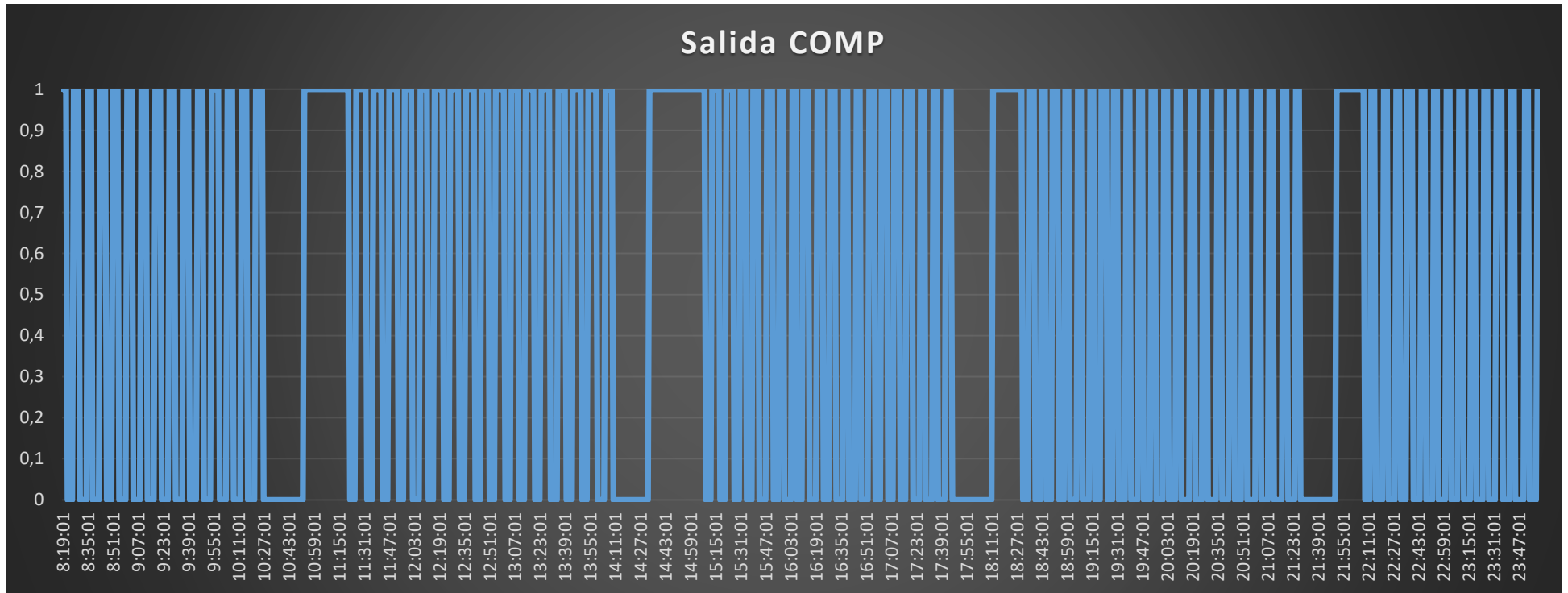
Cada vez que el compresor realiza su arranque demanda una corriente de 5 a 8 veces su corriente nominal durante unos segundos, debido al alto par de arranque requerido para vencer la inercia mecánica y la presión del refrigerante, este arranque tiene consecuencias críticas, ya que se registran consumos instantáneos elevados en el medido eléctrico de la EEQ, y esos picos son los facturados.

También genera un calentamiento en los devanados del compresor, contactor entre otros reduciendo su vida útil. Para lograr mitigar los picos de accionamiento, se puede optar por el uso de variadores de frecuencia, el cual modula la frecuencia y tensión de alimentación al compresor permitiendo un arranque suave y un control continuo en su velocidad. Otra alternativa más económica sería un arrancador suave, el cual limita progresivamente la tensión aplica al compresor durante el arranque mediante tiristores.

Actualmente, el registro de temperaturas en las cámaras frigoríficas se realiza mediante mediciones manuales, como se detalla en el **Anexo 4**. Este método, además de ser susceptible a errores humanos y limitado en frecuencia de muestreo, dificulta la identificación oportuna de fluctuaciones críticas. Sin embargo, mediante la implementación del sistema Sitrad, es posible automatizar la adquisición de datos, obteniendo registros continuos y precisos de las condiciones térmicas, tal como se evidencia en la **Tabla 29**.

**Figura 66**

*Secuencia de encendido y apagado del compresor.*



Nota: Realizado por el usuario mediante el sistema Sitrad.

**Tabla 29***Registro de temperatura*

Fecha	Sensor 1	Sensor 2	Salida COMP
8 ago 2025 8:19:01	-16,60	-17,00	Conectado
8 ago 2025 8:20:01	-17,40	-17,90	Conectado
8 ago 2025 8:21:01	-17,80	-18,30	Conectado
8 ago 2025 8:22:01	-18,00	-18,50	Desconectado
8 ago 2025 8:23:01	-17,20	-17,90	Desconectado
8 ago 2025 8:24:01	-16,60	-17,30	Desconectado
8 ago 2025 8:25:01	-16,30	-17,00	Desconectado
8 ago 2025 8:26:01	-16,00	-16,70	Conectado
8 ago 2025 8:27:01	-16,50	-17,00	Conectado
8 ago 2025 8:28:01	-17,40	-17,80	Conectado
8 ago 2025 8:29:01	-17,90	-18,30	Conectado
8 ago 2025 8:30:01	-18,00	-18,60	Desconectado
8 ago 2025 8:31:01	-17,20	-17,80	Desconectado
8 ago 2025 8:32:01	-16,70	-17,30	Desconectado
8 ago 2025 8:33:01	-16,20	-16,90	Desconectado
8 ago 2025 8:34:01	-16,10	-16,60	Desconectado
8 ago 2025 8:35:01	-16,10	-16,60	Conectado
8 ago 2025 8:36:01	-17,00	-17,60	Conectado
8 ago 2025 8:37:01	-17,60	-18,20	Conectado
8 ago 2025 8:38:01	-18,10	-18,50	Desconectado
8 ago 2025 8:39:01	-18,00	-18,50	Desconectado
8 ago 2025 8:40:01	-17,20	-17,70	Desconectado
8 ago 2025 8:41:01	-16,60	-17,30	Desconectado
8 ago 2025 8:42:01	-16,30	-16,90	Desconectado
8 ago 2025 8:43:01	-16,00	-16,60	Conectado
8 ago 2025 8:44:01	-16,70	-17,20	Conectado
8 ago 2025 8:45:01	-17,40	-17,90	Conectado
8 ago 2025 8:46:01	-17,80	-18,40	Conectado
8 ago 2025 8:47:01	-18,00	-18,50	Desconectado
8 ago 2025 8:48:01	-17,20	-17,90	Desconectado
8 ago 2025 8:49:01	-16,70	-17,30	Desconectado
8 ago 2025 8:50:01	-16,30	-16,90	Desconectado
8 ago 2025 8:51:01	-16,00	-16,60	Conectado

Nota: extraído del sistema de monitoreo Sitrad

Se realizó un análisis del porcentaje de encendido del compresor, para el cual, se tomó los datos de la celda salida Comp, se sumó todos los ítems que dice conectado y desconectado, teniendo un total de 2534 minutos en el estado de conectado y 3237 minutos en el estado desconectado, con un total de 5760 minutos de trabajo, dando como resultado:

$$\text{Porcentaje de encendido } \frac{2534}{5760} \times 100 = 43,99\%$$

$$\text{Porcentaje de encendido } \frac{3237}{5760} \times 100 = 56,2\%$$

El compresor muestra un ciclo de funcionamiento equilibrado, con el 43,99% en funcionamiento (2534 min), esto significa que la máquina opera menos de la mitad del tiempo registrado, lo que implica que el sistema de refrigeración no está trabajando de manera continua a su máxima capacidad.

El 56% en inactividad (3237 min), el tiempo que está sin operar es mayor que el de trabajo, lo cual puede ser resultado de un diseño eficiente del sistema de refrigeración, un adecuado aislamiento térmico de las cámaras, un posible sobredimensionamiento del equipo entre otros.

Otro análisis que se puede realizar mediante los datos extraídos del sistema Sitad, es la determinación de indicadores, ejemplo, Ciclo por horas del compresor, este indicador registra cuántas veces el estado en Salida COMP cambia de "Desconectado" a "Conectado" en un período y lo divide por el número de horas de ese período.

Este indicador es útil debido a que una cantidad excesiva de ciclos (fenómeno denominado short-cycling) puede señalar un problema de eficiencia, un aislamiento inadecuado de la cámara o una configuración errónea del termostato. Esto incrementa el desgaste del equipo y el gasto de energía.

**Tabla 30***Indicador de ciclo por horas del compresor*

Detalle	Fecha
Ciclos por Hora del Compresor	8 de agosto
Periodo de tiempo (H)=	15
Ciclos de encendido=	90
Ciclo por hora=	6
Ciclos por Hora del Compresor	9 de agosto
Periodo de tiempo (H)=	24
Ciclos de encendido=	147
Ciclo por hora=	6
Ciclos por Hora del Compresor	10 de agosto
Periodo de tiempo (H)=	24
Ciclos de encendido=	148
Ciclo por hora=	6
Ciclos por Hora del Compresor	11 de agosto
Periodo de tiempo (H)=	24
Ciclos de encendido=	145
Ciclo por hora=	6

De acuerdo con la **Tabla 30** el indicador nos muestra que el ciclo ideal del compresor debe ser de 6, si en días posteriores tuviésemos una variación, se debe realizar una revisión del equipo para determinar las causas del incremento en sus ciclos de operación.

Otro indicador que se puede implantar es el tiempo de recuperación de la temperatura de la cámara el cual indicara el tiempo que tarda el compresor en enfriar la cámara desde el punto más alto al punto de seteo.

Este indicador se calcula mediante los ciclos de trabajo del compresor desde su funcionamiento hasta que el sensor 1 llega a su temperatura más baja. Después, se obtiene un promedio de esos tiempos tal como se ve en la **Tabla 31**, el cual es de 5

minutos. Si en este periodo se observa un incremento gradual a lo largo de las semanas o meses, esto sirve como un aviso anticipado. Podría señalar una fuga de gas refrigerante, un compresor que está funcionando de manera menos efectiva o la formación de hielo en el evaporador.

**Tabla 31**

*Indicador de tiempo de recuperación*

Ciclos por Hora del Compresor	Tiempo min
Ciclo 1	3
Ciclo 2	4
Ciclo 3	3
Ciclo 4	4
Ciclo 5	4
Ciclo 6	4
Ciclo 7	4
Ciclo 8	4
Ciclo 9	4
Ciclo 10	4
Ciclo 11	4
Ciclo 12	5
Ciclo 13	4
Ciclo 14	4
Ciclo 15	5
Ciclo 16	29
Ciclo 17	6
Ciclo 18	8
Ciclo 19	6
Ciclo 20	5
Ciclo 21	6
Ciclo 22	6
Ciclo 23	6
Ciclo 24	6
Ciclo 25	5
Ciclo 26	6
Ciclo 27	6
Ciclo 28	6

Ciclos por Hora del Compresor	Tiempo min
Ciclo 29	5
Ciclo 30	6
Ciclo 31	6
Ciclo 32	6
Ciclo 33	5
Ciclo 34	5
Ciclo 35	36
Ciclo 36	5
Ciclo 37	4
Ciclo 38	4
Ciclo 39	3
Ciclo 40	36
Ciclo 41	5
Ciclo 42	4
Ciclo 43	4
Ciclo 44	4
Ciclo 45	3
Ciclo 46	3
Ciclo 47	4
Ciclo 48	3
Ciclo 49	3
Ciclo 50	4
Ciclo 51	3
Ciclo 52	3
Ciclo 53	4
Ciclo 54	19
Ciclo 55	4
Ciclo 56	3
Ciclo 57	4
Ciclo 58	3
Ciclo 59	3
Ciclo 60	4
Ciclo 61	3
Ciclo 62	3
Ciclo 63	3
Ciclo 64	3
Ciclo 65	3
Ciclo 66	3
Ciclo 67	3

Ciclos por Hora del Compresor	Tiempo min
Ciclo 68	3
Ciclo 69	3
Ciclo 70	3
Ciclo 71	3
Ciclo 72	3
Ciclo 73	3
Ciclo 74	3
Ciclo 75	3
Ciclo 76	18
Ciclo 77	3
Ciclo 78	3
Ciclo 79	3
Ciclo 80	4
Ciclo 81	3
Ciclo 82	3
Ciclo 83	3
Ciclo 84	3
Ciclo 85	3
Ciclo 86	3
Ciclo 87	4
Ciclo 88	3
Ciclo 89	3
Ciclo 90	1
Total	5,27

Con la propuesta del sistema Sitrad Pro, se busca optimizar el proceso de monitoreo de temperaturas en las cámaras de frío, eliminando la carga operativa que actualmente recae sobre el personal administrativo, quien debe realizar manualmente la toma de temperatura tres veces al día. Este procedimiento, además de ser repetitivo y susceptible a errores humanos, no permite una supervisión continua ni la detección oportuna de fallas.

Con el sistema automatizado instalado, las temperaturas de todos los cuartos fríos podrán ser visualizadas en tiempo real desde el ordenador ubicado en la recepción

o en cualquier equipo conectado a la red, lo que facilita una supervisión centralizada y continua. En caso de que alguna cámara presente una anomalía térmica ya sea por desviación del setpoint, apertura prolongada de puertas, o falla del sistema de refrigeración el software emitirá una alerta inmediata.

Esta alerta podrá ser enviada automáticamente por correo electrónico, notificación en pantalla o mensaje SMS, informando al área de operaciones para que proceda con la verificación y corrección correspondiente.

Este sistema no solo mejora la eficiencia operativa y reduce el margen de error, sino que también fortalece los mecanismos de control de calidad y trazabilidad, al mantener un historial completo y detallado de todas las lecturas, eventos y alarmas ocurridas, lo cual es de gran valor para auditorías y toma de decisiones estratégicas.

## **Resultados**

Con rediseño de circuitos eléctricos en la organización se espera alcanzar una mayor eficiencia energética, que se verá reflejada en la reducción del consumo eléctrico y en la disminución de costos operativos. En la actualidad la infraestructura eléctrica presenta deficiencias como desequilibrio de fases, sobrecargas y falta de conexión de la acometida de tierra, dando como resultado un consumo energético alto en parte por el uso de resistencias eléctricas para el deshielo.

Para el análisis y mejora del sistema de iluminación, se empleó el software DIALux evo, que es ampliamente conocido a nivel mundial para realizar cálculos de fotometría y eficiencia de la luz. A través de la creación de modelos en 3D de los ambientes y la inclusión de archivos fotométricos de las luces, la herramienta facilitó la evaluación de los niveles de iluminación y la uniformidad, cumpliendo así con las recomendaciones de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) y la normativa NEC-SB-IE que está vigente en Ecuador.

Mediante este trabajo de titulación se proyecta que, con el reemplazo de las resistencias por gas caliente, se logre alcanzar una reducción significativa de la potencia aparente total de 198,89 KVA a 133,98 KVA, lo cual representara una disminución del 33% en la demanda eléctrica calculada.

Con la implementación del sistema fotovoltaico, se espera una disminución del consumo energético suministrada por la red pública para las áreas seleccionadas de cámaras frías, se estimó una demanda diaria de 1139,47 Kwh/día. Para cubrir dicha demanda, se dimensiono un sistema de 248,74 Kwp, compuesto de 405 paneles monocristalinos de 615 Wp cada uno, distribuido en serie y paralelo conectados a tres inversores de 100Kw.

Esta instalación permitirá a la empresa reducir en un 40% sus costos energéticos durante el día gracias al uso de energía renovable generada por los paneles solares. Adicional, se garantiza que el espacio físico sea el adecuado dado que la superficie requerida es de 1379,97m<sup>2</sup>, y el área disponible es de 1546,68m<sup>2</sup> teniendo el área requerida para su instalación. También se han dimensionado adecuadamente los conductores, protecciones y bandejas eléctricas, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro, conforme a la normativa NEC-SB-IE.

Por otro lado, con el sistema de monitoreo Sitrad pro, se eliminar los procesos manuales de toma de temperatura de los cuartos fríos, optimizando el control de la cadena de frío, teniendo en tiempo real en un monitor las temperaturas que registre el termostato TC940 plus en conjunto con el dispositivo de comunicación RS-485, adicional que se puede configurar alertas automáticas. La habilidad de Sitrad para producir informes automáticos y verificables mejoró la confianza en las mediciones, garantizando que los resultados muestren las condiciones verdaderas de operación de la planta.

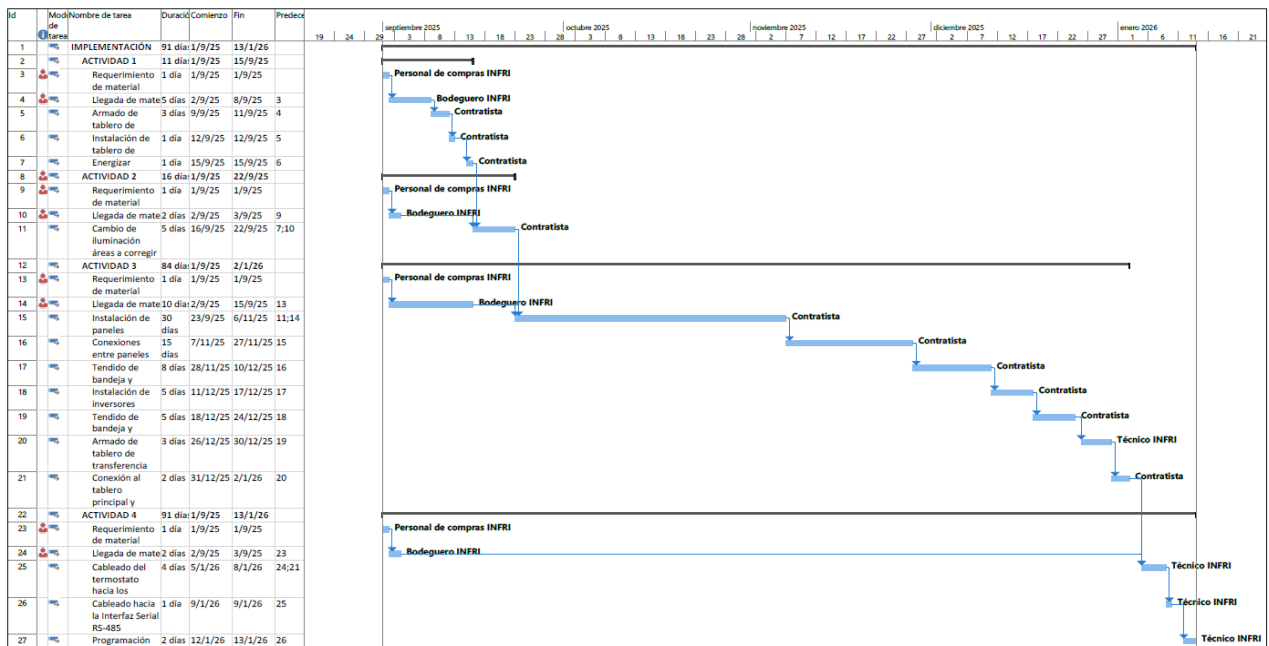
El sistema de seguimiento Sitrad, creado por la compañía Full Gauge Controls, facilita la obtención constante de información sobre la temperatura y el funcionamiento de los dispositivos de refrigeración en tiempo real. Este sistema automatizado optimiza notablemente la trazabilidad, disminuye la posibilidad de errores humanos y facilita la respuesta oportuna ante algún fallo, dado que las irregularidades son identificadas de manera instantánea y comunicadas al sector operativo.

De esta manera, se asegura la calidad del producto almacenado, la eficacia del procedimiento y se minimiza la probabilidad de pérdidas por fallos en la cadena de frío.

## Cronograma de trabajo

**Figura 67**

*Cronograma tentativo*



Nota: El cronograma podrá variar sus tiempos en base a la decisión de la organización para su implementación.

## Análisis de costos

El proyecto contempla una inversión que incluye el rediseño de los circuitos, diseño de sistema fotovoltaico y un sistema de monitoreo automático de los cuartos fríos, a continuación, se detalla el costo de materiales para la implementación, para la mano de obra de la instalación del rediseño y la instalación de sistema fotovoltaico, se realizara una licitación y se contratara la mejor propuesta presentaba por parte de las entidades participantes.

Como monto destinado para la mano de obra será de \$50.527,59 costo con baterías y \$40.703,63 costo sin baterías esto con respecto a la opción 1 con las resistencias, el monto por gas caliente sería de \$49.832,02 costo con baterías y \$40.008,06 costo sin baterías dependiendo a la decisión de la organización en realizar dicho cambio, estos serían el valor máximo al que se deberán ajustar las entidades participantes.

**Tabla 32**

*Costo opción 1 con resistencias*

Lista de material	Unidad	Cantidad	P/U	total
Gabinete metálico 80x60x30 cm	Uni	1	\$ 258,91	\$ 258,91
Barra de cobre de 3/8"x2"x3m	Uni	1	\$ 116,58	\$ 116,58
Cable thhn 500kcmil	Mts	120	\$ 42,05	\$ 5.046,00
Breaker trifásico de 800-1000 a regulable	Uni	1	\$ 997,89	\$ 997,89
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 9,30	\$ 55,80
Cable thhn 1/0 awg	Mts	30	\$ 9,45	\$ 283,50
Breaker trifásico de 200 a	Uni	1	\$ 86,57	\$ 86,57
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 1,47	\$ 8,82
Cable 10 awg	Mts	75	\$ 0,95	\$ 71,25
Breaker riel ding de 40 amperios	Uni	1	\$ 19,12	\$ 19,12
Terminal amarillo tipo ojo funda de 100 u	Uni	1	\$ 15,40	\$ 15,40
Cable 8 awg	Mts	75	\$ 1,52	\$ 114,00
Breaker de riel ding 70 a 3p	Uni	1	\$ 79,40	\$ 79,40
Terminal de comprensión	Uni	6	\$ 0,49	\$ 2,94
Cable n° 2 awg	Mts	18	\$ 5,94	\$ 106,92

Lista de material	Unidad	Cantidad	P/U	total
Breaker de 150 a trifásico	Uni	1	\$ 74,46	\$ 74,46
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 0,90	\$ 5,40
Cable calibre 3/0 thhn	Mts	75	\$ 16,71	\$ 1.253,25
Breaker trifásico de 300a 3p	Uni	1	\$ 676,31	\$ 676,31
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 3,17	\$ 19,02
Cable thhn 2/0	Mts	75	\$ 12,62	\$ 946,50
Breaker trifásico 250 a-3p	Uni	1	\$ 107,34	\$ 107,34
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 2,31	\$ 13,86
Cable calibre n°6	Mts	75	\$ 2,25	\$ 168,75
Breaker de 100a -3p	Uni	1	\$ 102,24	\$ 102,24
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 0,58	\$ 3,48
Riel din 3metros	Uni	1	\$ 1,66	\$ 1,66
Otros	Uni	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Total				\$10.835,37

Nota: La opción 1 presenta un costo total de \$10.835,37 por un mayor requerimiento en la potencia instalada y un mayor consumo energético

**Tabla 33**

*Costo opción 2 gas caliente*

Lista de material	Unidad	Cantidad	P/U	total
Gabinete metálico 80x60x30 cm	Uni	1	\$ 258,91	\$ 258,91
Barra de cobre de 3/8"x2"x3m	Uni	1	\$ 116,58	\$ 116,58
Cable thhn 350 kcmil	Mts	120	\$ 27,65	\$ 3.318,00
Breaker trifásico de 800-1000 a regulable	Uni	1	\$ 997,89	\$ 997,89
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 6,75	\$ 40,50
Cable calibre n°6	Mts	30	\$ 2,25	\$ 67,50
Breaker de 100a -3p	Uni	1	\$ 102,24	\$ 102,24
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 0,58	\$ 3,48
Cable 10 awg	Mts	75	\$ 0,95	\$ 71,25
Breaker riel ding de 40 amperios	Uni	1	\$ 19,12	\$ 19,12
Terminal amarillo tipo ojo funda de 100 u	Uni	1	\$ 15,40	\$ 15,40
Cable 8 awg	Mts	75	\$ 1,52	\$ 114,00
Breaker de riel ding 70 a 3p	Uni	1	\$ 79,40	\$ 79,40
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 0,49	\$ 2,94
Cable n° 2 awg	Mts	18	\$ 5,94	\$ 106,92
Breaker de 150 a trifásico	Uni	1	\$ 74,46	\$ 74,46
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 0,90	\$ 5,40
Cable thhn 2/0	Mts	75	\$ 12,62	\$ 946,50
Breaker trifásico 250 a-3p	Uni	1	\$ 107,34	\$ 107,34

Lista de material	Unidad	Cantidad	P/U	total
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 2,31	\$ 13,86
Cable thhn n° 4	Mts	75	\$ 4,12	\$ 309,00
Breaker trifásico 100 a-3p	Uni	1	\$ 107,34	\$ 107,34
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 0,56	\$ 3,36
Cable calibre n°6	Mts	75	\$ 2,25	\$ 168,75
Breaker de 100a -3p	Uni	1	\$ 102,24	\$ 102,24
Terminal de compresión	Uni	6	\$ 0,58	\$ 3,48
Riel din 3metros	Uni	1	\$ 1,66	\$ 1,66
Otros	Uni	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Total				\$ 7.357,52

Nota: La opción 2 presenta un costo total de \$7.357,52 disminuyendo el consumo eléctrico y por ende cambia los calibres y protectores del sistema.

Desde un punto de vista técnico, la segunda opción es más viable ya que representa un ahorro económico del 32,09% en comparación de la primera opción. La opción 2 también representa una optimización energética a largo plazo que se verá impactada directamente en la reducción de la potencia reactiva y la facturación mensual.

#### **Tabla 34**

*Costo sistema fotovoltaico incluido baterías*

Lista de material	Unidad	Total	p/u	total
Paneles solares capacidad 615 wp	UNI	405	\$ 412,00	\$166.860,00
Inversor de 100 Kw	UNI	3	\$ 6.885,51	\$ 20.656,53
Batería de litio portátil de 48 V y 280 Ah	UNI	34	\$ 1.444,70	\$ 49.119,80
Cable THHN 1/0	MTS	75	\$ 9,45	\$ 708,75
Cable THHN 3/0	MTS	65	\$ 16,71	\$ 1.086,15
Breaker 175 A 2P	UNI	3	\$ 194,39	\$ 583,17
Breaker 225 A 3P	UNI	1	\$ 284,97	\$ 284,97
Bandeja 100x200x3MTS	UNI	25	\$ 41,75	\$ 1.043,75
Bandeja 200x20x3MTS	MTS	22	\$ 54,57	\$ 1.200,54
Gabinete metálico 80x60x30 CM	UNI	1	\$ 258,91	\$ 258,91
				\$241.802,57

Nota: realizado por el autor

**Tabla 35***Costo sistema fotovoltaico sin baterías*

Lista de material	Unidad	Total	p/u	total
Paneles solares capacidad 615 wp	UNI	405	\$ 412,00	\$166.860,00
Inversor de 100 Kw	UNI	3	\$ 6.885,51	\$ 20.656,53
Cable THHN 1/0	MTS	75	\$ 9,45	\$ 708,75
Cable THHN 3/0	MTS	65	\$ 16,71	\$ 1.086,15
Breaker 175 A 2P	UNI	3	\$ 194,39	\$ 583,17
Breaker 225 A 3P	UNI	1	\$ 284,97	\$ 284,97
Bandeja 100x200x3MTS	UNI	25	\$ 41,75	\$ 1.043,75
Bandeja 200x20x3MTS	MTS	22	\$ 54,57	\$ 1.200,54
Gabinete metálico 80x60x30 CM	UNI	1	\$ 258,91	\$ 258,91
				\$192.682,77

Nota: realizado por el autor

**Tabla 36***Costo tablero de transferencia automática*

Lista de material	Unidad	Cantidad	P/U	Total
Breaker trifásico de 225 a	Uni	1	\$ 284,97	\$ 284,97
Breaker trifásico de regulable	Uni	1	\$ 997,89	\$ 997,89
Breaker diel ding 2p-20 a	Mts	1	\$ 22,42	\$ 22,42
Contactador 3p-1000 a	Mts	2	\$ 521,71	\$ 1.043,42
Protector de fase trifásico	Uni	1	\$ 26,49	\$ 26,49
Temporizador horario	Uni	1	\$ 18,73	\$ 18,73
Selector on-off	Uni	1	\$ 2,15	\$ 2,15
Temporizador on-delay	Mts	1	\$ 47,57	\$ 47,57
Temporizador off-on delay	Uni	1	\$ 47,57	\$ 47,57
Gabinete metálico de 40x40x20	Uni	1	\$ 65,95	\$ 65,95
Cable de control n°18	Mts	10	\$ 0,20	\$ 2,00
	Total			\$ 2.559,16

Nota: realizado por el autor

Para determinar el ahorro que generar el sistema solar en su tiempo de uso, verificamos la tarifa de cobro el cual está en 0,10 ctv este valor según la (Empresa Eléctrica Quito EEQ, 2023), con una potencia diaria de 1139,47 Kw/h-día estimaremos el ahorro anual para ello aplicamos la siguiente formula.

$$E_{mes} = P_{diaria} * \text{día}/mes \quad (26)$$

$$E_{mes} = \frac{1139,47 \text{ Kwh}}{\text{dias}} * 30\text{días}/mes = 34184,1 \text{ Kwh}/mes$$

Una vez calculado la energía mensual determinamos el ahorro aproximado multiplicando la energía mensual por la tarifa de la EEQ.

$$34184,1 \times 0,10 = 3418,41$$

El valor de 3418,41 lo multiplicamos por los 12 meses y obtenemos un valor de \$ 41020,92. Del costo del sistema fotovoltaico determinamos el 1,5% en mantenimiento y con ello determinamos el tiempo de recuperación de la inversión.

Costo del sistema fotovoltaico incluido baterías = 293.234,08 \$

Costo de mantenimiento 1,5% x 293.234,08 = 4398,51 \$

$$\frac{293234,08}{41020,92 - 4398,51} = 8 \text{ años}$$

Costo del sistema fotovoltaico sin baterías = 234.290,32 \$

Costo de mantenimiento 1,5% x 234.290,32 = 3514,35 \$

$$\frac{234290,32}{41020,92 - 3514,35} = 6,24 \text{ años}$$

Para el análisis económico del sistema fotovoltaico se consideraron dos escenarios de operación. En el primero, se incorpora un banco de baterías para respaldar el consumo nocturno y posibles fallas de la red pública, lo que eleva la inversión inicial y arroja un tiempo de recuperación aproximado de 8 años.

En el segundo escenario, el sistema opera únicamente en horario diurno, sin almacenamiento, reduciendo la inversión y alcanzando un retorno cercano a 6,24 años, en el **Anexo 5** se puede apreciar la tabla resumen. Además, el sistema fotovoltaico contribuirá a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, alineando a la organización con objetivos de sostenibilidad ambiental y eficiencia energética.

**Tabla 37***Costo instalación sitrad*

Materiales	Unidad	Cantidad	P/U	Total
Termostato TC 940 Plus	Uni	1	\$ 58,50	\$ 58,50
Convertidor TCP Interfaz Serial RS-485	Uni	1	\$ 146,50	\$ 146,50
Cable apantallado 3x 18	MTS	200	\$ 3,13	\$ 626,00
Canaleta 20cmx12cmx2M	Uni	100	\$ 3,08	\$ 308,00
Otros	GLB	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Total				\$ 1.209,00

Nota: realizado por el autor

Con un costo de \$ 1209, este sistema tendrá un impacto significativo beneficiando a la organización en:

- Sistema automático para la lectura y monitoreo de las temperaturas de la cámara de frío.
- Este sistema emplea sensores digitales que han sido ajustados en fábrica, los cuales recopilan datos en intervalos que se pueden programar y guardan esta información en una base de datos para su análisis posterior.
- Eliminará la intervención y registro manual del personal administrativo evitando lecturas erróneas.
- Mejorará la calidad y respuesta ante fallos presentes en los equipos de frío.
- Evitará pérdidas económicas por descomposición de productos refrigerados ya que las alertas se enviarán inmediatamente a los usuarios.

**Cálculo del VAN y el TIR**

Para determinar si el proyecto es viable o no, se realiza el análisis mediante el VAN y el TIR, que de acuerdo con la (UNIR, 2025) define que el VAN (Valor Actual Neto) te indica cuánto ganarías o perderías al realizar una inversión, considerando los ingresos futuros de dinero ajustados al valor actual.

Por otro lado, la TIR (que significa Tasa Interna de Retorno) muestra cuál sería la renta media que conseguirías. Ambas ecuaciones son componentes de diferentes métodos de análisis financiero en el mundo empresarial, aplicándose en diversas situaciones, desde elecciones corporativas hasta proyectos personales.

$$VAN = F_t * \left( \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} \right) - I_o \quad (27)$$

$$0 = -I + \sum \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} \quad (28)$$

Aplicando la formula ( 27) calculamos el VAN, tenemos una inversión de \$311332,198, una tasa de interés del 10% y considerando una vida útil del sistema fotovoltaico de 20 años el flujo neto de ahorro \$41020,92.

$$VAN = 41020,92 * \left( \frac{1 - (1 + 0,10)^{-20}}{0,10} \right) - 311332,2 = 37902,01\$$$

$$0 = -I + \sum \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

Como resultado

$$TIR=11,75\%$$

Con un VAN positivo y una tasa de retorno del 11,75% el proyecto es rentable económicamente, y de acuerdo con la **Figura 68** el tiempo de recuperación de la inversión total es de 8 años. A partir d ese año se evidencia el ahorro en el pago de la planilla eléctrica.

**Figura 68**

*Grafica de recuperación de la inversión*



Nota: realizado por el autor

Otra opción que se presente a la organización es el uso del sistema fotovoltaico, sin batería, y con ello se busca reducir el costo del proyecto y se presenta un nuevo cálculo del VAN y el TIR.

$$VAN = 41020,92 * \left( \frac{1 - (1 + 0,10)^{-20}}{0,10} \right) - 251504,28 = 97729,94\$$$
$$0 = -I + \sum \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

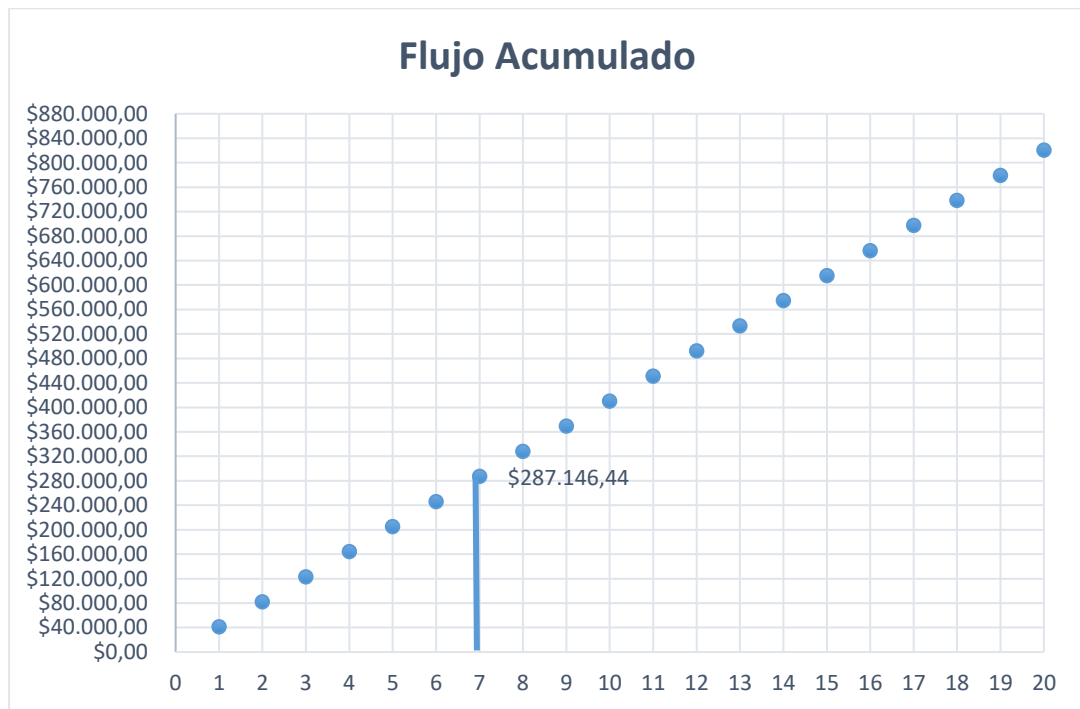
Como resultado

$$TIR=15,38\%$$

Con un van positivo y una tasa de retorno del 15,38% se deduce que el proyecto es rentable, y de acuerdo con la **Figura 69**, tenemos que al año 7 ya se recupera la inversión y se empieza a visualizar el ahorro en el pago de la planilla eléctrica.

**Figura 69**

*Grafica de recuperación de la inversión*



Nota: realizado por el autor

La organización deberá tomar la decisión de incluir las baterías como respaldo energético en la noche, al momento de la implementación del sistema fotovoltaico.

## CAPÍTULO IV

### Conclusiones y Recomendaciones

#### *Conclusiones:*

Se realiza un levantamiento de carga el cual se visualiza en las **Tabla 5** situación actual y **Tabla 7** cargas futuras en la organización. Se determina una carga total en las condiciones actuales de 121,26 KVA. Tomando en consideración incrementos futuros de la carga, la misma ascendería a una magnitud de 196,61 kVA, al tomar en consideración 7 nuevas cámaras y 16 equipos de enfriamiento. Adicionalmente, se verifica la capacidad del transformador existente en las condiciones actuales de 150kVA. A pesar de producirse un incremento de la demanda, es posible conservar la misma capacidad actual del transformador, pues su potencia aparente total se reduce a un valor de 132,62kVA, debido al empleo de enfriadores utilizando gas caliente los cuales son más eficientes y, a pesar de incrementarse la carga no resulta necesario un cambio de capacidad en el transformador.

Mediante el rediseño de los circuitos de fuerza e iluminación, se busca garantizar un sistema eléctrico seguro, eficiente y acorde con la normativa ecuatoriana vigente NEC, respaldado por diagramas y planos actualizados que permiten identificar con claridad la cantidad de circuitos para alumbrado (8), tomacorrientes (4) y cargas especiales (16). Esta actualización no solo asegura el cumplimiento de los estándares técnicos y de seguridad, sino que optimiza la distribución de las cargas, facilita futuras labores de mantenimiento y reduce el riesgo de fallas operativas en la planta.

Finalmente, las estrategias de eficiencia energética se materializa en la organización, a través de dos acciones clave: la implementación de un sistema fotovoltaico de 248,74 kWp, destinado a abastecer principalmente las cámaras de frío, lo que permitiendo una reducción significativa del costo de la planilla eléctrica de la organización, al funcionar durante el horario pico nocturno y, la implementación del sistema de monitoreo Sitrad, el cual proporciona un control en tiempo real de las temperaturas en el interior de las cámaras frías **Tabla 29**. Facilitando la identificación temprana de anomalías y la aplicación de medidas correctivas oportunas. Además, este sistema registra el tiempo de encendido del compresor y sus arranques **Figura 66**, información que permite identificar la oportunidad de implementar variadores de frecuencia o arrancadores suaves en los tableros de control de los equipos, para reducir los picos de corriente durante el arranque, optimizando así el consumo energético, disminuyendo el desgaste de los equipos y prolongando su vida útil.

### ***Recomendaciones:***

Es crucial que la entidad mantenga al día el registro de la carga eléctrica, considerando cualquier aumento o disminución de la misma, para contar siempre con datos actualizados que eviten la sobrecarga del transformador y aseguren su funcionamiento adecuado. Para lograr esto, se recomienda contar con una tabla de Excel en la cual se registren los incrementos y decrementos de los equipos dentro de la organización.

Es importante luego de realizar el rediseño de los circuitos de iluminación y fuerza, la entidad desarrolle un plan para la inspección y mantenimiento preventivo que contemple revisiones periódicas de los tableros, dispositivos de protección, conexiones y la condición de los cables, así como la actualización de los diagramas y planos cuando haya cambios en la distribución de cargas o se agreguen nuevos equipos.

La entidad debe evaluar la incorporación de variadores de frecuencia o arranques suaves en los paneles de control de las unidades de refrigeración, enfocándose en aquellos que poseen mayor potencia y frecuencia de inicio. Esta acción ayudará a disminuir los picos de corriente en los procesos de arranque de los equipos.

## BIBLIOGRAFIA

### Bibliografía

- Agencia de Regulación y control de Energías y Recursos Naturales no Renovables . (2022). *Reglamento Sustitutivo de Seguridad para Instalaciones eléctricas en Baja Tensión*.
- Amador, E. (1985).  
file:///C:/Users/Mario%20Sebastian/Downloads/Ejercicios%20Resueltos.%20Electrotecnia%20B%C3%A1sica..pdf
- CHNT. (s.f.). *Interruptores de Caja Moldeada*.
- Construyendo.co. (2018). *Construyendo.co*. Tabla de calibre de cables eléctricos:  
<https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php>
- Díaz, P. (2023). *Alimentos*. Recomendaciones para el Diseño de Cuartos Fríos:  
<https://www.revistaalimentos.com/es/informacion-comercial/recomendaciones-en-el-diseno-de-cuartos-frios>
- E. Barría, O. (2024). *Universidad Tecnológica de Panamá*. Importancia de la puesta a tierra en el Sistema Eléctrico: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/el-tecnologico/article/view/1/html>
- ECO-SOURCES. (2022). *BATERÍA DE LITIO PORTÁTIL DE 48 V Y 280 AH*.  
<https://www.eco-sources.com/48v-280ah-movable-lithium-battery>
- Electro Cables. (2018). *Catalogo de Productos*.
- Eligenio. (2022). <https://eligenio.com/glosario/instalacion-electrica/>
- Empresa Eléctrica Quito EEQ. (2023). *Costo de la Tarifa Eléctrica se Mantiene para Sectores Residencial y Comercial*. <https://www.eeq.com.ec/w/costo-de-la-tarifa-electrica-se-mantiene-para-sectores-residencial-y-comercial-industriales-recibiran-incentivos-por-autogeneracion-de-energia>
- Energy DC/AC. (2023). *Paneles solares: Instalación y Consejos. Parte 1*.  
<https://energydcac.com/paneles-solares-casa-instalacion-consejos/>
- Full Gauge. (2025). *TC940 PLUS CONTROLADOR DIGITAL PARA REFRIGERACIÓN (E) CON DESHIELO Y CON SALIDA DE ALARMA*.
- Glenwin . (22 de Septiembre de 2022). *Glen Refrigeración* . Descongelación Eléctrica vs. Descongelación por Gas Caliente en Refrigeración Comercial:  
<https://glenrefrigeration.com/electric-defrost-vs-hot-gas-defrost-in-refrigeration/>
- Global Solar Atlas. (2025). <https://globalsolaratlas.info/detail?c=-0.3598,-76.955109,11&s=-0.330275,-76.878204&m=site>
- Gomez, F. (2021). *Eficiencia Energéticas en el Sector Industrial*.  
<https://www.orquestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orquestra/210005-Eficiencia-Energ%C3%A9tica-Sector-Industrial-INFORME-COMPLETO-.pdf>

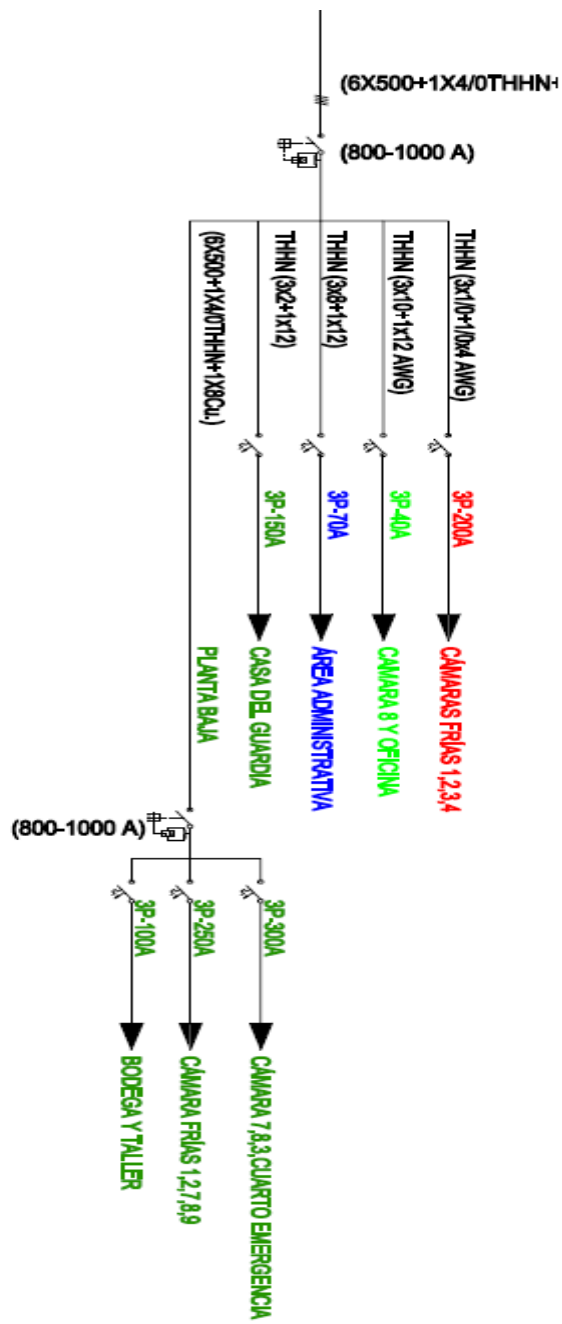
- Gonzalés, D. (2022). *PROPUESTAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA EMPRESA LÁCTEA “EL RANCHITO” CIA- LTDA* . Quito.
- INTERNATIONAL STANDARD. (2018). *Transformers for wind Turbine Applications*.
- Jorge, A. (2018).  
[https://oa.upm.es/52204/1/PFC\\_JORGE\\_ALVARADO\\_LADRON\\_DE\\_GUEVARA.pdf](https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf)
- Macias, R. (2018).  
<file:///C:/Users/Mario%20Sebastian/Downloads/Tesis.%20Rayd%20Jair%20Macias%20Andrade..pdf>
- Martínez, E. (1985). *Problemas Resueltos y propuestos de Electronecniá Básica*.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (s.f).  
[https://historico.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-industrial/?utm\\_source=chatgpt.com](https://historico.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-industrial/?utm_source=chatgpt.com)
- Normativa Ecuatoria de la Construcción. (2018). [https://doi.org/chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://doi.org/chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Padilla, B., y Urbina , J. (2022). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN CUARTO FRÍO EN UN ESPACIO DE 75 M<sup>3</sup> PARA LA REFRIGERACIÓN DE PRODUCTOS AVÍCOLAS Y HIELO TRITURADO EN LA EMPRESA AVIPROL UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO – ECUADOR*. Quito.
- Promelsa. (s.f.). *Catalogo de transformadores* .
- Ramón, C. (2024). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA LAS ÁREAS CRÍTICAS DE UN HOSPITAL*. Quito, Pichincha.
- Ronika. (7 de Junio de 2024). *Ronika*. Importancia de un Buen Diseño Eléctrico:  
<https://www.ronika.net.au/importance-of-a-good-electrical-design>
- RVR Transformadores. (2020). *RVR TRANSFORMADORES*. Transformadores Trifásicos para Distribución: <https://www.rvrtransformadores.com/transformadores-trifasicos-para-distribucion-2/>
- Saborio, M. (2019).  
[https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11114/dise%c3%b1o\\_de\\_un\\_sistema\\_de\\_respaldo\\_energ%c3%a9tico\\_con\\_celdas\\_fotovoltaicas\\_para\\_la\\_reducci%c3%b3n\\_de\\_la\\_huella\\_de\\_carbono\\_en\\_la\\_planta\\_hidroel%c3%a9ctrica\\_Platanar\\_San%20Carlos\\_Costa%20Rica](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11114/dise%c3%b1o_de_un_sistema_de_respaldo_energ%c3%a9tico_con_celdas_fotovoltaicas_para_la_reducci%c3%b3n_de_la_huella_de_carbono_en_la_planta_hidroel%c3%a9ctrica_Platanar_San%20Carlos_Costa%20Rica).
- Samet . (2021). *Bandejas Portacables*. <https://blog.samet.com.ar/2016/06/como-elegir-la-bandeja-portacables.html>
- Sitrad Pro. (s.f.). *Guía Práctica para el Usuario*. [www.sitrad.com/es](http://www.sitrad.com/es)
- Solanki. (2021). *Fundamentals, technologies and applications*.

- Solargis. (2025). *Solargis*. <https://globalsolaratlas.info/map?c=-0.114357,-78.472633,19&m=site&s=-0.114087,-78.472529>
- SOLIS. (s.f.). Inversores Trifasicos de Conexión a Red Solis.
- Sumpal. (s.f.). BiMAX 6R 615-635W. <https://www.sunpalsolar.com/best-620w-630w-635w-n-type-hjt-rectangle-bifacial-solar-for-sale/>
- Tensite. (2025). *Panel Solar Monocristalino* .
- UNE 12464.1. (s.f.). *Norma europea sobre la iluminación para Interiores* .
- UNIR. (25 de Abril de 2025). *¿Qué son el VAN y la TIR y por qué son importantes en la inversión?* [https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/van-tir-formulas/#:~:text=El%20VAN%20\(Valor%20Actual%20Neto,rentabilidad%20que%20obtdr%C3%ADas%20en%20promedio.](https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/van-tir-formulas/#:~:text=El%20VAN%20(Valor%20Actual%20Neto,rentabilidad%20que%20obtdr%C3%ADas%20en%20promedio.)
- United Nations Industrial Development Organization. (s.f.). Importancia de la Eficiencia Eléctrica en la Industria . <https://www.unido.org/our-focus-safeguarding-environment-clean-energy-access-productive-use/industrial-energy-efficiency-and-climate-change>
- Vera, L. (2024). *REDISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA DE BAJO VOLTAJE EN LA EMPRESA TEXTIL EMPORIO UNLIMITED UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2011). NTE INEN 2003:2011. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Quito, Ecuador.



### Anexo 3

Diagrama unifilar tablero de fuerza principal



# Anexo 4

## Registro manual de temperaturas

REPORTE CUARTOS FRIOS INFRI CIA LTDA

Responsable: Lunes a viernes  
Responsable: Sabado - Domingo

	FECHA	HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA	
			1	2		1	2		1	2
CUARTO 1A	5/05/2025	08:00:00	-16		12:00:00	-17		17:00:00	-17	
CUARTO 2A	5/05/2025	08:00:00	-17		12:00:00	-17		17:00:00	-19	
CUARTO 3	5/05/2025	08:00:00	-31.2		12:00:00	-30.9		17:00:00	-29.3	
CUARTO 4	5/05/2025	08:00:00	-7.2		12:00:00	-6.2		17:00:00	-7.2	
CUARTO 5	5/05/2025	08:00:00	-17.6		12:00:00	Atagado		17:00:00	-17.6	
CUARTO 8A	5/05/2025	08:00:00	-16	-16	12:00:00	-17	-17	17:00:00	-17	-17
CUARTO 9A	5/05/2025	08:00:00	-13		12:00:00	-12		17:00:00	-14	
CUARTO 10	5/05/2025	08:00:00	-18.8	-17.5	12:00:00	-18.6	-20.8	17:00:00	-21.9	-21.6

	FECHA	HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA	
			1	2		1	2		1	2
CUARTO 1A	6/05/2025	08:00:00	-18		12:00:00	-17		17:00:00		
CUARTO 2A	6/05/2025	08:00:00	-17		12:00:00	-19		17:00:00		
CUARTO 3	6/05/2025	08:00:00	-29.8		12:00:00	-29.9		17:00:00		
CUARTO 4	6/05/2025	08:00:00	-8.3		12:00:00	-7.9		17:00:00		
CUARTO 5	6/05/2025	08:00:00	-15.6		12:00:00	-17.1		17:00:00		
CUARTO 8A	6/05/2025	08:00:00	-16	-16	12:00:00	-17	-17	17:00:00		
CUARTO 9A	6/05/2025	08:00:00	-19.4		12:00:00	-13		17:00:00		
CUARTO 10	6/05/2025	08:00:00	-20.6	-21.9	12:00:00	-18.8	-17.4	17:00:00		

	FECHA	HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA	
			1	2		1	2		1	2
CUARTO 1A	7/05/2025	08:00:00	-16		12:00:00	-16		17:00:00	-16	
CUARTO 2A	7/05/2025	08:00:00	-19		12:00:00	-18		17:00:00	-19	
CUARTO 3	7/05/2025	08:00:00	-30.8		12:00:00	-28.8		17:00:00	Atagado	
CUARTO 4	7/05/2025	08:00:00	-15.1		12:00:00	-17.6		17:00:00	-17.5	
CUARTO 5	7/05/2025	08:00:00	+16.8		12:00:00	-16.1		17:00:00	-17.8	
CUARTO 8A	7/05/2025	08:00:00	-17	-17	12:00:00	-17	-17	17:00:00	-8.1	-12
CUARTO 9A	7/05/2025	08:00:00	-17		12:00:00	-15		17:00:00	-15	
CUARTO 10	7/05/2025	08:00:00	-20.3	-21.1	12:00:00	-21.6	-22.3	17:00:00	of	of

	FECHA	HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA	
			1	2		1	2		1	2
CUARTO 1A	8/05/2025	08:00:00	-16		12:00:00	-17		17:00:00	-17	
CUARTO 2A	8/05/2025	08:00:00	-17		12:00:00	-18		17:00:00	-17	
CUARTO 3	8/05/2025	08:00:00	-29.3		12:00:00	-29.7		17:00:00	-28.1	
CUARTO 4	8/05/2025	08:00:00	-15.6		12:00:00	-17.8		17:00:00	-17.8	
CUARTO 5	8/05/2025	08:00:00	-16.1		12:00:00	-15.1		17:00:00	-16.2	
CUARTO 8A	8/05/2025	08:00:00	-16	-16	12:00:00	-18	-18	17:00:00	-16	-16
CUARTO 9A	8/05/2025	08:00:00	-17.1		12:00:00	-11		17:00:00	-17	
CUARTO 10	8/05/2025	08:00:00	-14.3	-15.1	12:00:00	-18.9	-19.0	17:00:00	-13.6	-13.6

REPORTE CUARTOS FRIOS INFRI CIA LTDA

Responsable: Lunes a viernes  
Responsable: Sabado - Domingo

	FECHA	HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA	
			1	2		1	2		1	2
CUARTO 1A	21/04/2025	08:00:00	-17		12:00:00			17:00:00	-16	
CUARTO 2A	21/04/2025	08:00:00	+18		12:00:00	-20		17:00:00	-17	
CUARTO 3	21/04/2025	08:00:00	+31.4		12:00:00	-30.3		17:00:00	+30.8	
CUARTO 4	21/04/2025	08:00:00	-10.5		12:00:00	-9.9		17:00:00	0.44	
CUARTO 5	21/04/2025	08:00:00	-17.8		12:00:00	+17.1		17:00:00	+16.6	
CUARTO 8A	21/04/2025	08:00:00	-17	-17	12:00:00	-16	-17	17:00:00	-15	-16
CUARTO 9A	21/04/2025	08:00:00	-2	14.0	12:00:00	-17		17:00:00	-8.8	
CUARTO 10	21/04/2025	08:00:00	+21.2	+21.3	12:00:00	+21.7	+15	17:00:00	+22	+20.9

	FECHA	HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA	
			1	2		1	2		1	2
CUARTO 1A	22/04/2025	08:00:00	-17		12:00:00	-16		17:00:00	-16	
CUARTO 2A	22/04/2025	08:00:00	-19		12:00:00			17:00:00	-20	
CUARTO 3	22/04/2025	08:00:00	+30.4		12:00:00	+30.6		17:00:00	-30.5	
CUARTO 4	22/04/2025	08:00:00	+11.4		12:00:00	0.6		17:00:00	-15.3	
CUARTO 5	22/04/2025	08:00:00	0.9	14.0	12:00:00	+14.9		17:00:00	-16.3	
CUARTO 8A	22/04/2025	08:00:00	-17	-16	12:00:00	+16	-15	17:00:00	-16	-17
CUARTO 9A	22/04/2025	08:00:00	-17		12:00:00	-7		17:00:00	-16	
CUARTO 10	22/04/2025	08:00:00	+21.6	+21.1	12:00:00	+20.4	+22	17:00:00	+20.3	+21.2

	FECHA	HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA	
			1	2		1	2		1	2
CUARTO 1A	23/04/2025	08:00:00	-16		12:00:00	+17		17:00:00	-17	
CUARTO 2A	23/04/2025	08:00:00	-19		12:00:00	-19		17:00:00	-19	
CUARTO 3	23/04/2025	08:00:00	0.4		12:00:00	+24.8		17:00:00	-30.7	
CUARTO 4	23/04/2025	08:00:00	+21.3		12:00:00	-19		17:00:00	-21.7	
CUARTO 5	23/04/2025	08:00:00	+17.9		12:00:00	+12.3		17:00:00	-14.8	
CUARTO 8A	23/04/2025	08:00:00	-16	-17	12:00:00	-16	-17	17:00:00	-17	-17
CUARTO 9A	23/04/2025	08:00:00	-14		12:00:00	-16		17:00:00	-17	
CUARTO 10	23/04/2025	08:00:00	+20.7	+20.2	12:00:00	+19.7	+20.4	17:00:00	+20	+20.6

	FECHA	HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA		HORA	TEMPERATURA	
			1	2		1	2		1	2
CUARTO 1A	24/04/2025	08:00:00	-17		12:00:00	-16		17:00:00	-17	
CUARTO 2A	24/04/2025	08:00:00	-18		12:00:00	-16		17:00:00	-19	
CUARTO 3	24/04/2025	08:00:00	-29.7		12:00:00	-29.1		17:00:00	-28.8	
CUARTO 4	24/04/2025	08:00:00	+21.2		12:00:00	+19.2		17:00:00	-20.2	
CUARTO 5	24/04/2025	08:00:00	-16		12:00:00	+12.4		17:00:00	-15.8	
CUARTO 8A	24/04/2025	08:00:00	-14	-14	12:00:00	-17	-17	17:00:00	-16	-17
CUARTO 9A	24/04/2025	08:00:00	-16		12:00:00	-17		17:00:00	-14	
CUARTO 10	24/04/2025	08:00:00	+21.1	+17	12:00:00	+18.9	+18.3	17:00:00	+21.1	+20.8

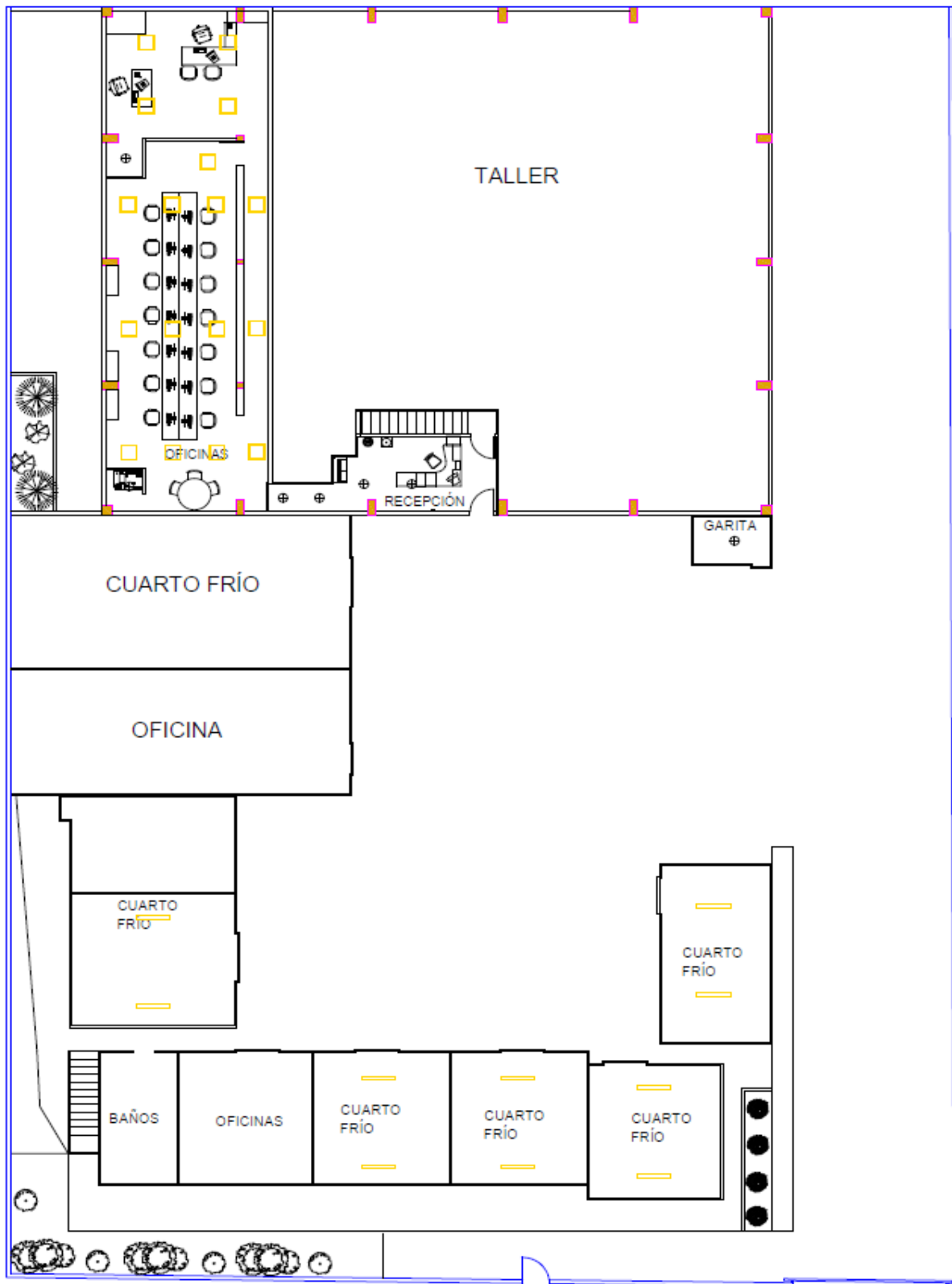
## Anexo 5

*Tabla resumen análisis de costos*

Rediseño eléctrico	\$ 10.835,37
Mano de obra	\$ 2.167,07
Sistema Sitrad	\$ 1.209,00
Sistema fotovoltaico con baterías	\$293.234,08
Mantenimiento	\$ 4.398,51
Vida útil en años	20
Tasa de retorno	10%
Opción 2	
Rediseño eléctrico	\$ 10.835,37
Mano de obra	\$ 2.167,07
Sistema Sitrad	\$ 1.209,00
Sistema fotovoltaico sin baterías	\$234.290,32
Mantenimiento	\$ 3.514,35
Vida útil en años	20
Tasa de retorno	10%

## Anexo 6

### *Distribución de luminarias planta alta*



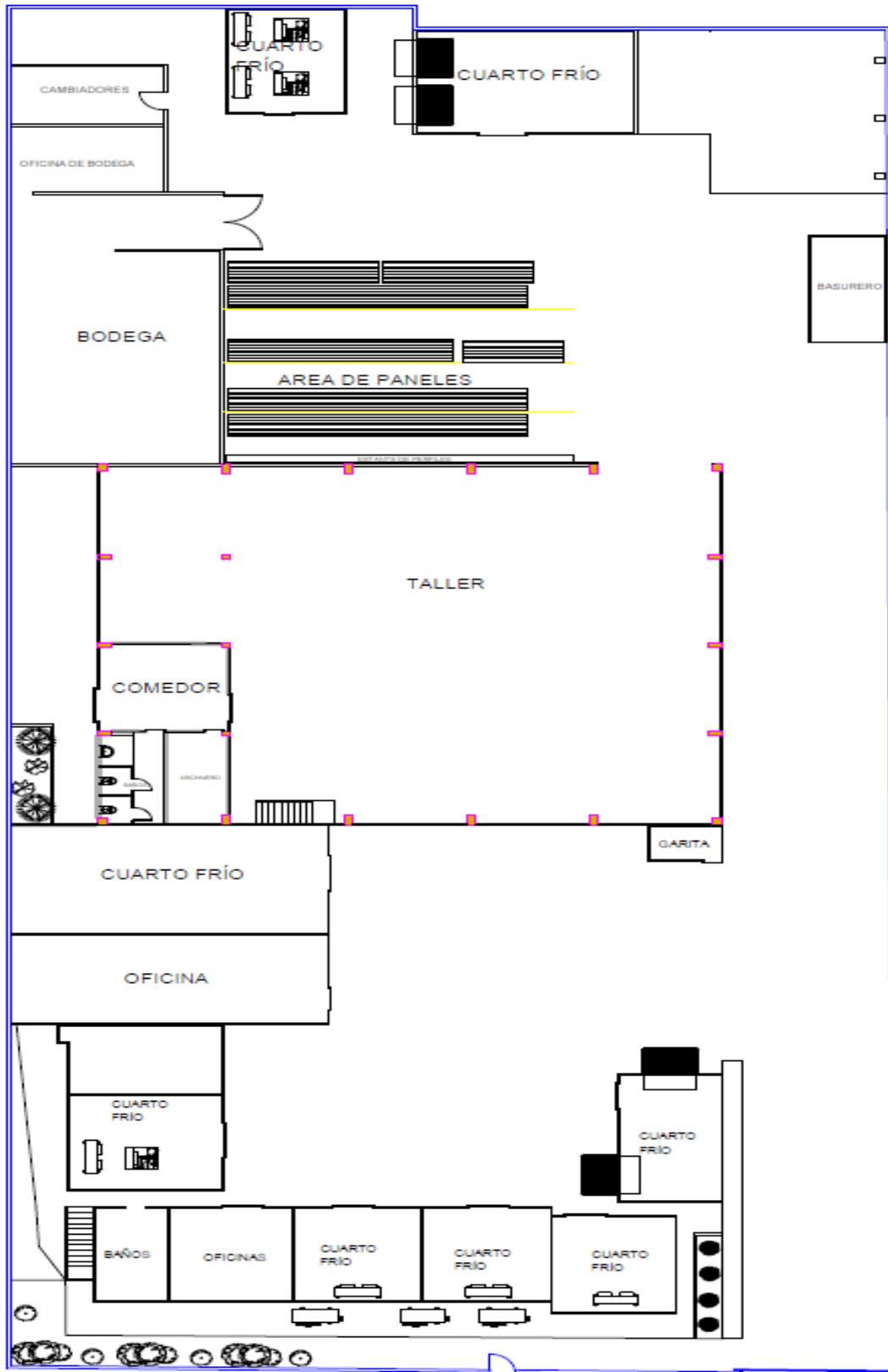
## Anexo 7

### Distribución de luces planta baja



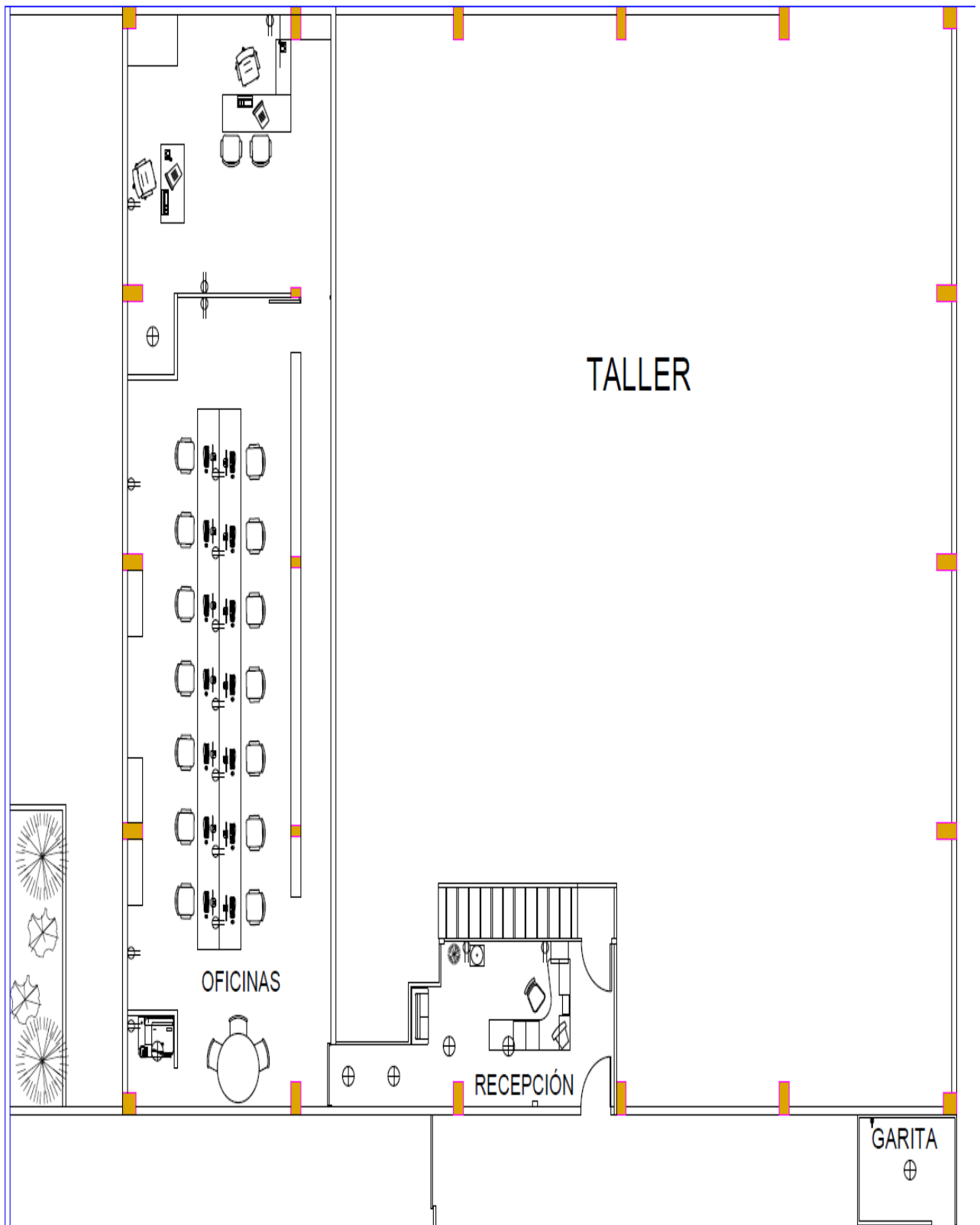
## Anexo 8

### *Ubicación de los equipos de frío*



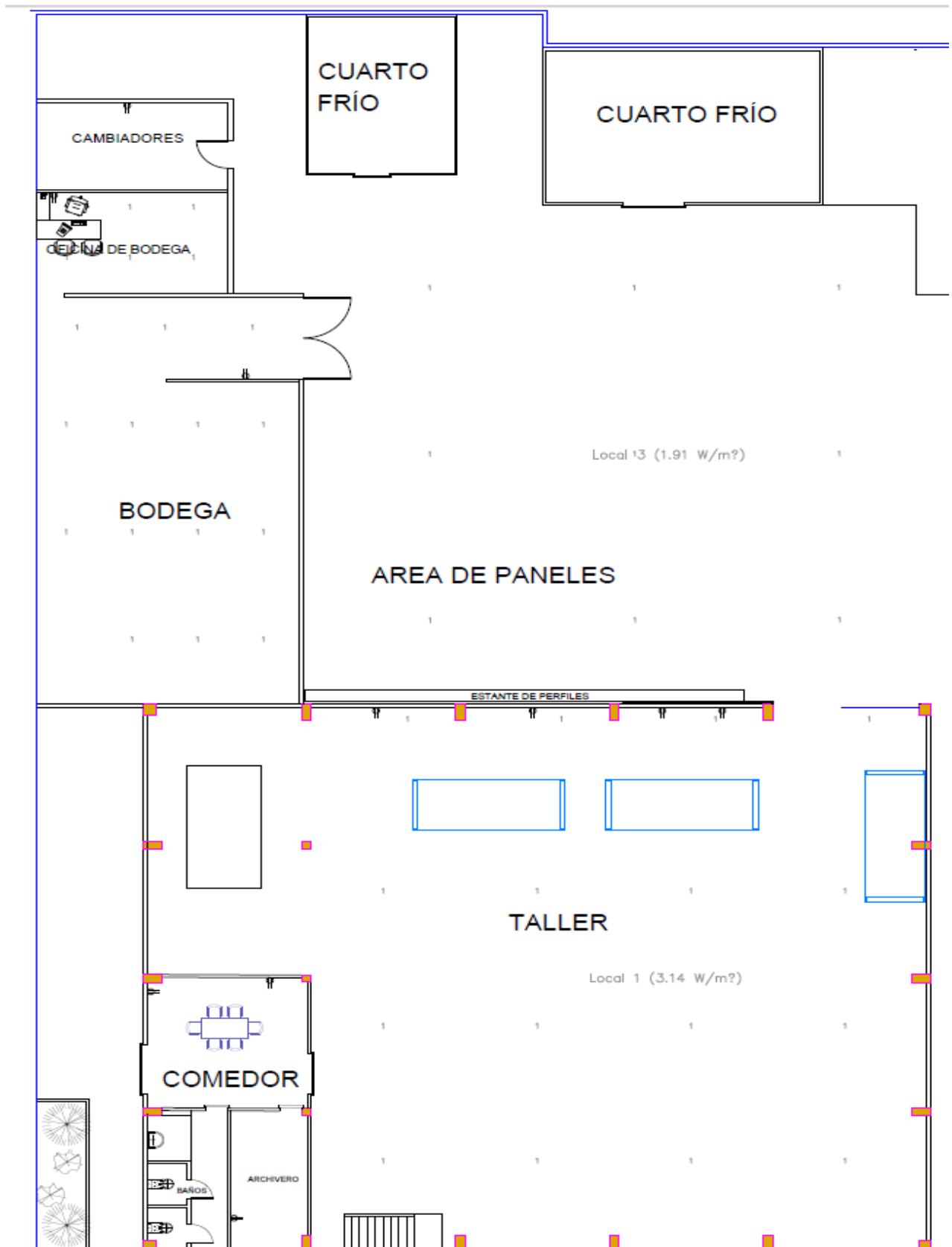
**Anexo 9**

*Tomacorriente planta alta*



# Anexo 10

## Tomacorriente planta baja



## Anexo 11

### *Abstract aprobado*

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Industrial Engineering

**AUTHOR:** YANACALLO TIPANTIZA FRANKLIN RENE

**TUTOR:** MSc. SEGURA D ROUVILLE JUAN JOEL

#### ABSTRACT

REDESIGN OF ELECTRICAL POWER AND LIGHTING CIRCUITS FOR AN INDUSTRIAL REFRIGERATION COMPANY IN THE CITY OF QUITO.

This research is being conducted at an industrial company in Quito dedicated to the installation and leasing of cold storage chambers. The report reveals deficiencies in the current electrical system, which represent an operational risk, since in the event of a power outage, the stored product could suffer thermal stress, generating economic losses for tenants. Therefore, the redesign of the power and lighting circuits is proposed by applying technical standards, with the aim of ensuring proper and efficient operation of the network. Initially, a survey of the total installed load is carried out, taking into account future increases; at the same time, the necessary transformer capacity to service the facility is also evaluated. Dialux software is used to design and position the lighting fixtures for the interior lighting network. Subsequently, a backup energy source based on photovoltaic solar panels is proposed for use during peak nighttime hours, thereby reducing electricity costs. Finally, the Sitrad monitoring system is applied in cold rooms, allowing real-time recording of temperature variations within them in order to identify possible anomalies in the system. The result is that the capacity required by the transformer, considering load increases and the replacement of cooling equipment with more efficient units, matches the current capacity of 150kVA. Of a total of 22 areas, only 10 do not comply with the lighting level specified in European standard 1246-1:2021. It is concluded that the required transformer capacity is 150 kVA, 8 lighting circuits, 4 outlet circuits, and 16 special circuits. The estimated investment amounts to \$306,933.69 for the battery option and \$247,989.93 for the non-battery option. Financial

**KEYWORDS:** cold storage rooms, electrical redesign, energy efficiency, monitoring system, photovoltaic system.

