

**DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DEL EDIFICIO
TORRE CENTRO, BAJO LINEAMIENTOS DE EFICIENCIA
ENERGETICA.**

JOSE PABLO CAMARGO JIMENEZ

**Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB)
Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas
Programa de Ingeniería en Energía
Bucaramanga
2014**

**TRABAJO FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DEL EDIFICIO
TORRE CENTRO, BAJO LINEAMIENTOS DE EFICIENCIA
ENERGETICA.**

JOSÉ PABLO CAMARGO JIMÉNEZ

**INFORME FINAL DE PRÁCTICAS COMO REQUISITO PARA OPTAR
EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍA**

**DIRECTOR
CARLOS ALBERTO REY SOTO
INGENIERO ELECTRICISTA
M.Sc**

**Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB)
Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas
Programa de Ingeniería en Energía
Bucaramanga
2014**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Director

Evaluador

Bucaramanga, 10 Junio 2014

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue posible gracias a Dios y al apoyo brindado por mi familia, por darme el privilegio de recibir estudio, a la facultad de Ingenierías Físico-mecánica por otorgarme el conocimiento para desenvolverme en la vida laboral y finalmente a Eme Ingeniería S.A, por permitirme realizar la práctica empresarial y poder vincularme a esta compañía de manera profesional.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2 JUSTIFICACIÓN	15
1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES	16
1.4 OBJETIVOS	17
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
CAPÍTULO 2.	18
2. FUNDAMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 MARCO TEÓRICO	18
2.1.1 Glosario	18
2.1.2 Regulación de tensión en la red	20
2.1.3 Cálculo de circuitos ramales y alimentadores	22
2.1.4 Metodología para la selección de conductores y protecciones en circuitos ramales	24
2.1.5 Selección de conductores y circuitos ramales	24
2.1.6 Cálculo de conductores y protecciones en alimentadores de cargas especiales	24
2.1.7 Tableros de distribución	25
2.1.8 Demanda máxima	26
2.1.9 Subestación de distribución	29
2.1.10 Plantas de emergencia	30
2.1.11 Desarrollo sostenible y eficiencia energética	30
2.1.12 Sistema solar fotovoltaico conectado a red	31
2.1.13 Cubiertas verdes	32
2.1.14 Tubos solares	34
2.1.15 Certificación LEED	36
2.1.16 Pérdidas de energía por efecto Joule en conductores	37
2.1.17 Sistema de iluminación Clase A y control automático	38
2.2 MARCO LEGAL	40
CAPÍTULO 3	42

3. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	42
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYETO	42
3.2 SISTEMAS ELÉCTRICOS	43
3.2.1 Niveles de tensión de diseño	43
3.2.2 Acometidas en media tensión	44
3.2.3 Características de la carga	44
3.2.4 Regulación de voltaje en para redes de baja tensión.	45
CAPÍTULO 4	46
4. DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS	46
4.1 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA EN APARTAMENTOS TIPO Y ÁREAS COMUNES	46
4.2 CONDUCTORES Y PROTECCIONES DE CIRCUITOS RAMALES Y ALIMENTADORES	50
4.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA	53
4.4 CÁLCULO DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN REDES DE BAJA TENSIÓN	57
4.5 SELECCIÓN DE PROTECCIONES REDES ALIMENTADORES DE BAJA TENSIÓN	61
CAPÍTULO 5	63
5. REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN ACOMETIDAS DE BAJA TENSIÓN	63
5.1 INTRODUCCIÓN	63
5.2 CARACTERIZACIÓN DE ACOMETIDAS Y ALIMENTADORES EN BAJA TENSIÓN	63
5.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA	65
5.4 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA	67
5.5 SELECCIÓN DE CONDUCTORES PARA HACER MÁS EFICIENTE LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA	67
CAPÍTULO 6	69
6. DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE APLICADO A ZONAS COMUNES	69
6.1 INTRODUCCIÓN	69
6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ESPACIOS A ILUMINAR.	69

6.3	NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN SEGÚN RETILAP (REGLAMENTO TECNICO DE ILUMINACION Y ALUMBRADO PÚBLICO).	70
6.4	CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE ILUMINACIÓN.	71
6.5	SELECCIÓN DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN	73
6.6	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EN CADA ÁREA UTILIZANDO DIALUX.	77
6.7	CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONTROLADO POR SENSORES DE MOVIMIENTO.	79
CAPÍTULO 7		80
7. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL A PARTIR DE TUBOS SOLARES		80
7.1	RECURSO SOLAR DISPONIBLE	80
7.2	APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL (410.2 RETILAP)	82
7.3	ILUMINACIÓN CON TUBOS SOLARES PARA LA PLANTA 22 DEL EDIFICIO TORRE CENTRO	82
CAPÍTULO 8		88
8. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO, A PARTIR DE CUBIERTAS VERDES		88
8.1	INTRODUCCIÓN	88
8.2	BENEFICIOS DE UTILIZAR TECHOS VERDES	88
8.3	DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE CUBIERTAS VERDES PARA EL EDIFICIO TORRE CENTRO	90
CAPÍTULO 9		93
9. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED DE 9 KW PARA EL EDIFICIO		93
9.1	CONDICIONES DE EMPLAZAMIENTO	93
9.2	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA	93
9.3	DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE INVERSIÓN DC/AC DE CONEXIÓN A RED	95
9.4	RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE LA INSTALACIÓN (PR)	97

9.5	SISTEMA DE FIJACIÓN	100
CAPÍTULO 10		102
10. EVALUACIÓN DE REQUISITOS NECESARIOS PARA GESTIONAR LA CERTIFICACIÓN LEED DEL EDIFICIO		102
10.1	INTRODUCCIÓN	102
10.2	LEED EN COLOMBIA	103
10.3	CRITERIOS QUE MIDE LA CERTIFICACIÓN LEED	105
10.4	EVALUACIÓN LEED APLICADA EN EL EDIFICIO TORRE CENTRO	106
11. CONCLUSIONES		
12. BIBLIOGRAFÍA		
13. ANEXOS		

TABLA DE FIGURAS

Figura 1:	Parámetros necesarios de un diseño eléctrico.....	13
Figura 2:	Entregables físicos de un diseño eléctrico.....	14
Figura 3:	Metodología para el cálculo de circuitos ramales.....	22
Figura 4:	Metodología para el cálculo de conductores y protecciones.....	24
Figura 5:	Metodología para el cálculo de la demanda máxima.....	29
Figura 6:	Componentes de un sistema fotovoltaico conectado a red.....	31
Figura 7:	Componentes de un techo verde.....	33
Figura 8:	Zonas de un tubo solar.....	34
Figura 9:	Cúpula tipo Domo.....	35
Figura 10:	Localización edificio Torre Centro.....	42
Figura 11:	Curva de demanda diaria del sector residencial estrato 4.....	65
Figura 12:	Comparación de pérdidas de energía.....	68
Figura 13:	Niveles de calificación energética.....	72
Figura 14:	Panel redondo LED 18W.	
Figura 15:	Curva polar panel redondo LED 18W.....	75

Figura 16: Panel redondo LED 10W	Figura 17: Curva polar panel redondo LED 10W.	75
Figura 18: Panel rectangular LED 33W	Figura 19: Curva polar panel rectangular LED 33W. .	76
Figura 20: Tubo LED 20W	Figura 21: Curva polar Tubo LED 20W	77
Figura 22: Bala LED 10W.	Figura 23: Curva polar bala LED 10W	77
Figura 24: Distribución de la Iluminación en la planta sótano (DIALUX).		78
Figura 25: Distribución de la Iluminación en la portería y recepción (DIALUX).		78
Figura 26: Distribución de la Iluminación en los puntos fijos y apartamentos (DIALUX).		79
Figura 27: Distribución de la Iluminación en las zonas sociales (DIALUX).		79
Figura 28: Consumo de energía diario con sensor y sin sensor - sótano.		80
Figura 29: Consumo de energía diario con sensor y sin sensor - puntos fijos.		80
Figura 30: Distribución de la Iluminación natural apartamentos tipo A y B (DIALUX)		84
Figura 31: Tubo solar diámetro 250.		86
Figura 32: Tubo solar diámetro 375.		86
Figura 33: Ejemplo de techo verde		88
Figura 34: Componentes por capas del techo verde.		91
Figura 35: Edificios ciudad Buenos Aires		92
Figura 36: Estructura de fijación		101
Figura 37: Demanda diaria estimada en Servicios Comunes.		101
Figura 38: Sistema fotovoltaico The Aldo Leopold Legacy Center		102
Figura 39: Torre Taipei.		102
Figura 40: Sede FBI Chicago.		103
Figura 41: Planta de distribución Avon - Antioquia.		104
Figura 42: Ruta N - Medellín.		104
Figura 43: Edificio Bancolombia - Medellín.		105
Figura 44: Flujo-grama de evaluación LEED		105
Figura 45: Metodología de Evaluación Aplicada al Edificio Torre Centro		106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Porcentajes de regulación de tensión.....	20
Tabla 2: Factores de corrección para otras conexiones.	21
Tabla 4: Cargas mínimas instaladas por usuario.....	23
Tabla 5: Protecciones y conductores para circuitos ramales según NTC 2050.....	24
Tabla 6: Factores de demanda.	26
Tabla 7: Factores de diversidad.....	27
Tabla 8: Capacidad de transformadores según la tensión primaria.....	30
Tabla 9: Tipos de cubiertas verdes.	32
Tabla 10: Niveles de iluminación de tubos solares de acuerdo al diámetro y condiciones climáticas ...	35
Tabla 11: Características del edificio	43
Tabla 12: Tensión para las diferentes demandas	43
Tabla 13: Tipos de carga a instalar.	44
Tabla 14: Demanda en alimentadores de medidores a tableros de apartamentos	45
Tabla 15: Cargas por área apartamento tipo A.....	46
Tabla 16: Cuadro de carga apartamento tipo A.....	46
Tabla 17: Cargas por área apartamento tipo B.....	46
Tabla 18: Cuadro de carga apartamento tipo B.....	47
Tabla 19: Cargas por área apartamento tipo C.....	47
Tabla 20: Cuadro de carga apartamento tipo C.....	47
Tabla 21: Cargas por área apartamento tipo D.....	47
Tabla 22: Cuadro de carga apartamento tipo D.....	48
Tabla 23: Cuadro de carga de alumbrado comunal.....	48
Tabla 24: Cuadro de carga Portería	48
Tabla 25: Distribución de cargas de zona social.....	49
Tabla 26: Carga de servicios generales	49
Tabla 27: Conductores y protecciones en circuitos ramales apartamento tipo A.....	50

Tabla 28: Conductores y protecciones en circuitos ramales apartamento tipo B.	50
Tabla 29: Conductores y protecciones en circuitos ramales apartamento tipo C.	50
Tabla 30: Conductores y protecciones en circuitos ramales apartamento tipo D.	51
Tabla 31: Conductores y protecciones circuitos ramales alumbrado comunal	51
Tabla 32: Conductores y protecciones circuitos ramales zonas comunes.	52
Tabla 33: Conductores y protecciones circuitos ramales portería.	52
Tabla 34: Conductores y protecciones en circuitos alimentadores para cargas especiales.	52
Tabla 35: Parámetros para el cálculo de la demanda del sector residencial	53
Tabla 36: Cálculo de la demanda de cargas de servicios comunes del sector residencial.....	53
Tabla 37: Características del transformador.....	54
Tabla 38: Parámetros de medidores 1 y 2.....	55
Tabla 39: Demanda máxima diversificada tableros de medidores 1 y 2.	56
Tabla 40: Parámetros de tablero de medidores 3.....	56
Tabla 41: Demanda máxima diversificada tablero de medidores 3.....	56
Tabla 42: Regulación en circuitos alimentadores de usuarios TM1	58
Tabla 43: Regulación de tensión en circuitos alimentadores de usuarios TM2	59
Tabla 44: Regulación de tensión en circuitos alimentadores de usuarios TM3	60
Tabla 45: Regulación de tensión en circuitos alimentadores de servicios generales	60
Tabla 46: Parametrización de conductores en acometidas y alimentadores- diseño actual	64
Tabla 47: Pérdidas de potencia hora a hora.	65
Tabla 48: Parametrización de conductores en acometidas y alimentadores, diseño mejorado	67
Tabla 49: Comparación de pérdidas.	68
Tabla 50. Dimensiones de espacios a iluminar.	70
Tabla 51. Niveles de iluminación mínima según la actividad desarrollada.	70
Tabla 52. Tipos de iluminación artificial y características.	71
Tabla 53. Caracterización de equipos seleccionados.....	74
Tabla 54. Especificaciones técnicas panel redondo LED 18W.....	74
Tabla 55. Especificaciones técnicas panel redondo LED 10W.....	75

Tabla56.Especificaciones técnicas panel rectangular LED 33W.	75
Tabla 57.Especificaciones técnicas tubo LED 20W.	76
Tabla 58.Especificaciones técnicas bala LED 10W	77
Tabla 59. Ahorro de energía - sótano	79
Tabla 60. Ahorro de energía - puntos fijos.....	80
Tabla 61. Datos climáticos de Bucaramanga.....	81
Tabla 62. Niveles de iluminación de las superficies.	84
Tabla 63.Tubos solares escogidos.	85
Tabla 64. Distribución de la iluminación natural en los apartamentos.	85
Tabla 65. Resumen cubiertas verdes	90
Tabla 66. Demanda estimada.....	93
Tabla 67. Resumen técnico	94
Tabla 68. Parámetros del módulo fotovoltaico.....	95
Tabla 69. Parámetros del inversor	95

Capítulo 1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Dentro de los requerimientos para el diseño de las instalaciones eléctricas en Colombia, es de carácter obligatorio cumplir con una serie de pasos establecidos por la normativa vigente, con el fin de involucrar la seguridad para los operarios, usuarios finales y calidad de la energía, además de satisfacer los objetivos fundamentales de cada norma. A continuación se indican los parámetros de obligatorio cumplimiento (Figura 1.), que se deben tener en cuenta para el diseño de las redes eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, específicamente en el artículo 8, numeral 8.1.(Ver Anexo 1)

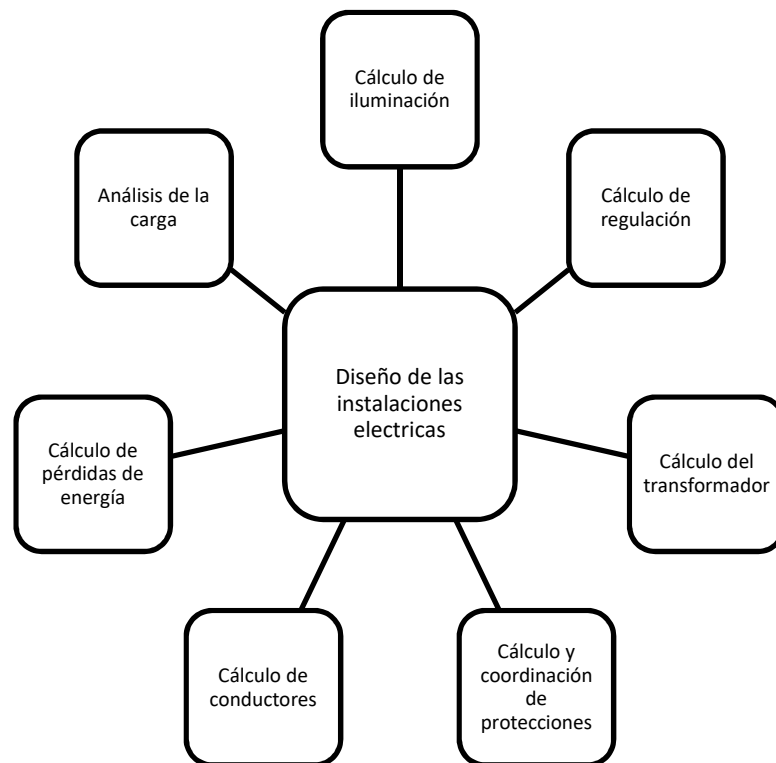


Figura 1: Parámetros necesarios de un diseño eléctrico.

Por otro lado, la empresa Local de distribución de energía eléctrica en Bucaramanga ESSA, dentro de sus protocolos de aprobación del diseño de las instalaciones eléctricas, exige la presentación de los entregables mostrados en la figura (2):

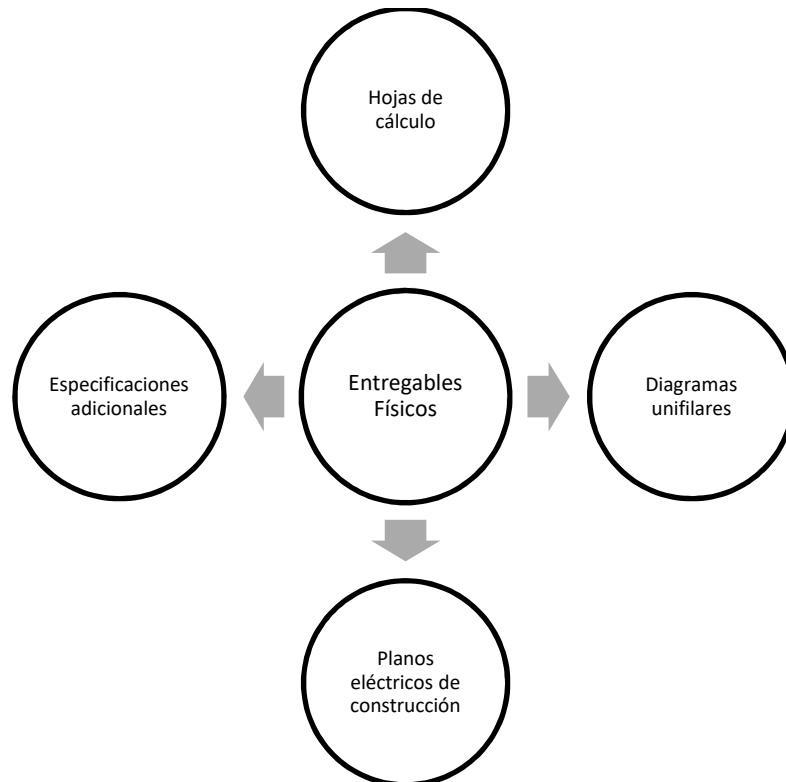


Figura 2: Entregables físicos de un diseño eléctrico.

Es importante mencionar, que dentro de la información mostrada en las figuras (1) y (2), el marco legal vigente no menciona el uso racional y eficiente de la energía como un parámetro esencial dentro del cálculo y diseño de dichas adecuaciones eléctricas. Adicionalmente, no hay políticas de gobierno fuertemente establecidas que fomenten el uso de tecnologías aplicadas al desarrollo sostenible, para ser tenidas en cuenta dentro del diseño y la ejecución de un proyecto.

Debido a esto, las empresas encargadas del diseño, se han limitado exclusivamente al cumplimiento de los requisitos técnicos mínimos exigidos, omitiendo amplias alternativas de mejoramiento que brinda el Uso Racional y Eficiente de la Energía URE, como el mejoramiento en la eficiencia de los procesos, reducción de las emisiones de gases de efecto de invernadero, y una alternativa de ahorro económico apreciable.

En este orden de ideas, como alternativa al mejoramiento, la aplicabilidad del URE y tecnologías para el desarrollo sostenible en edificaciones, se propone el diseño de las adecuaciones eléctricas para el edificio Torre Centro, cumpliendo no solo con la criterios exigidos por el marco legal vigente, si no también excediendo la norma para marcar algunas pautas enfocadas hacia el URE y tecnologías que contribuyan con el desarrollo sostenible de la edificación mencionada.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Actualmente, la energía eléctrica es una de las formas de energía que más consume recursos energéticos tanto renovables como no renovables, como son el agua, el gas, petróleo y carbón en su mayoría. De la misma forma, el constante crecimiento de la demanda de este servicio ha contribuido en gran manera en el incremento de los gases de efecto invernadero, el uso excesivo de materiales y los elevados costos económicos, por llevar este servicio de electricidad para satisfacer los requerimientos de la industria, del comercio y de las viviendas.

Las instalaciones eléctricas, desde hace algunos años se han vuelto necesarias para crear un ambiente tanto de confort como de progreso, dentro de una estructura ya sea residencial, comercial o industrial. Dichas adecuaciones eléctricas, aunque algunas veces no presentan alto nivel de complejidad tanto para el diseño como para el montaje, frecuentemente se pueden encontrar proyectos que no cumplen con los requerimientos técnicos RETIE ni con la normatividad (Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, norma ESSA), los cuales fijan pautas claras que garanticen tanto el buen funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos, como la seguridad de los usuarios finales. Por consiguiente se ha vuelto un gran reto para empresas como EME INGENIERÍA S.A., la adecuada planeación de instalaciones eléctricas, a cargo de personal especializado que respalde tanto la seguridad como el funcionamiento eficiente del sistema eléctrico.

1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

- Cuadros de carga de apartamentos y áreas comunes.
- Cálculos de demanda máxima para seleccionar transformador, gabinetes de medidores y acometidas.
- Cálculo de regulación de tensión en acometidas y alimentadores.
- Planos eléctricos y diagrama unifilar.
- Ubicación de equipos y sistemas en planos (transformador, planta de emergencia, tablero general, tableros de distribución).
- Cálculo de las pérdidas de energía en conductores por efecto *Joule*.
- Propuesta para el diseño de un sistema de iluminación clase A automatizado para las áreas comunes del edificio.
- Propuesta para el diseño de un sistema de iluminación natural a partir de tubos solares en la planta 22 del edificio Torre Centro.
- Propuesta para el diseño de un sistema de aislamiento térmico a partir de techos verdes ubicado en la cubierta del edificio Torre Centro.
- Propuesta para el diseño de un sistema alternativo de generación de energía a partir de paneles solares fotovoltaicos, como aporte sostenible al edificio.
- Evaluación para gestionar certificación LEED.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Diseñar las instalaciones eléctricas del Edificio Torre Centro bajo las condiciones de eficiencia energética.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Calcular la subestación, acometidas, protecciones, tableros contadores e instalaciones eléctricas internas del edificio Torre Centro.
- ❖ Diseñar un sistema de iluminación automatizado con lámparas de alta eficiencia, a fin de reducir el consumo energético en áreas comunes del edificio, utilizando la herramienta software DIALUX.
- ❖ Analizar oportunidades para mejorar la eficiencia energética de la edificación, proponiendo tecnologías como: cubiertas verdes, tubos solares, entre otros.
- ❖ Evaluar los requisitos necesarios para gestionar la certificación LEED de la edificación.
- ❖ Calcular las pérdidas de energía por efecto *Joule* en los conductores de acometidas y alimentadores, para re-evaluar el sistema de conductores reduciendo las pérdidas.
- ❖ Diseñar un sistema alternativo de generación, mediante el aprovechamiento del recurso solar, como aporte a la sostenibilidad del edificio.

Capítulo 2.

2. FUNDAMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 MARCO TEÓRICO

Dentro de esta sección, se reúne la información básica investigada, para el desarrollo metodológico de los diferentes puntos mencionados en los objetivos específicos y alcances del proyecto.

2.1.1 Glosario

En este capítulo, se dan algunas definiciones de los términos comúnmente usados en el diseño de sistemas de distribución de energía eléctrica.

Acometida: Derivación de la red local del servicio público correspondiente, que llega hasta el elemento de corte del inmueble.

Alimentador: Conjunto de conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente, u otra fuente de suministro de energía eléctrica, y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.

Apoyo: Nombre genérico dado al dispositivo de soporte de conductores y aisladores de las líneas o redes aéreas. Pueden ser postes, torres u otro tipo de estructuras.

Baja tensión: Nivel de tensión menos o igual a 1000V

Blindaje o Apantallamiento: Cubrimiento eléctrico que hacen los cables de guarda a los equipos y/o conductores de fase.

Cable: Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas

Calidad: Conjunto de características que describen la aptitud de un ente para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas.

Capacidad instalada: Capacidad nominal del componente limitante de un sistema.

Capacidad nominal: Conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento continuado bajo unas condiciones específicas.

Carga: La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

Carga de diseño: Carga que para efectos de diseño se considera atendida por una salida.

Circuito: Conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, interconectados entre sí, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes.

Circuito alimentador: Línea eléctrica que lleva potencia eléctrica de una central generadora o subestación a un centro de consumo.

Circuito ramal en baja tensión: Conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobrecorriente y la salida o salidas internas.

Conductor activo (conductor de fase): Aquellas partes destinadas en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a una tensión en servicio normal.

Conductor energizado: Todo conductor que no está conectado a tierra y que tiene una diferencia de potencial con respecto a ésta.

Confiabilidad: Capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempo dados (equivale a fiabilidad).

Contador de energía: Aparato que registra el consumo de energía eléctrica.

Contador de conexión directa: Contador de energía que se conecta a la red eléctrica sin transformadores de medida.

Contador de conexión semi-directa: Contador de energía que se conecta a la red a través de transformadores de corriente.

Demanda: Carga en los terminales de recepción, promediada normalmente durante 15 minutos.

Demanda máxima: La mayor de todas las demandas ocurridas durante un periodo determinado.

Demanda promedio: Valor medio de las demandas tomadas en un periodo determinado.

DPS: Sigla del dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias o descargador de sobretensiones.

Edificio alto: Aquel edificio que supere los 23 metros de altura, medidos desde nivel

donde puede acceder un vehículo de bomberos, según el código de seguridad de Vida o NFPA 101.

Energía activa: Integral en el tiempo de la potencia activa.

Energía reactiva: Es la integral en el tiempo de la potencia reactiva.

Estrato socioeconómico: Clasificación que se hace de los suscriptores de servicio residencial teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Ubicación geográfica
- Servicios públicos
- Vías de acceso y transporte
- Niveles de educación
- Áreas de ocupación y empleo
- Ingreso de la población
- Calidad de la vivienda
- Ocupación de la vivienda
- Posesión de bienes muebles, electrodomésticos y artículos para su comodidad
- Consumo de servicios públicos.

2.1.2 Regulación de tensión en la red

La regulación de tensión, es una caída de tensión producida en los conductores debido a la resistencia al flujo de corriente. La resistencia eléctrica de un conductor es una característica que puede variar dependiendo del tipo de material, calibre del conductor, longitud del circuito y temperatura de operación. Como consecuencia, se presenta una caída de tensión y una disipación de energía en forma de calor al distribuir corriente por medio de un conductor.

Para circuitos en media tensión, desde la subestación de distribución hasta la subestación más distante se permite un porcentaje de caída de tensión del 3% según la norma ESSA.

Por otro lado, la tabla (1), a continuación define los porcentajes parciales de regulación en acometidas y circuitos alimentadores admitidos según la normativa ESSA.

Tabla 1: Porcentajes de regulación de tensión

Descripción	%
Redes de distribución B.T zona urbana	5
Redes de distribución B.T zona rural	7
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes de transformador	3
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) desde redes de la empresa	2
Circuito ramal	2

A continuación se utiliza la siguiente expresión (1) generalizada para hallar la regulación de tensión:

$$\%R = \frac{K_g * S * l * F_c}{V_L^2} \quad (1)$$

F_c : Factor de corrección (circuitos monofásicos, bifásicos y trifásicos)

l : Longitud total del circuito en metros.

S : Potencia aparente demandada en KVA

K_g : Constante generalizada.

V_L : Voltaje de línea

Criterios para el cálculo de la regulación de tensión en acometidas y circuitos alimentadores

Factor de corrección (Fc):

El factor de corrección se hace para sistemas tetrafilares balanceados en BT y MT. Para otras conexiones se debe multiplicar por los factores indicados en la tabla (2).

Tabla 2: Factores de corrección para otras conexiones.

Tipo de subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	Bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica	8	2	2
Trifásica	6	2	2,25

Constante de regulación para conductores (Kg):

Según la norma ESSA (Ver Anexo 2)

Longitud de los circuitos (l):

Una vez definidos la ubicación de los sistemas de transformación y distribución de energía de acuerdo a los espacios arquitectónicos del edificio, se procede a medir y calcular la distancia de los circuitos que conectan entre si estos equipos; La medición se realiza en AUTOCAD a escala real.

Carga demandada en acometidas (S):

El cálculo de la demanda para los circuitos alimentadores y acometidas de los tableros en baja tensión se hallan teniendo en cuenta 100% de su carga instalada.

Para los circuitos alimentadores que transportan la energía desde el gabinete de medidores hasta los tableros de distribución de los apartamentos, se halla teniendo en cuenta el área a intervenir, una carga máxima de 1500 VA para lavadora y plancha, 1500 VA para artefactos pequeños y los factores de demanda.

Según la norma NTC 2050, la carga de mayor potencia (SM) para este caso es la sumatoria del circuito de lavadora y plancha, más el circuito de pequeños artefactos, lo que equivale a 3000 VA.

2.1.3 Cálculo de circuitos ramales y alimentadores

Las generalidades para la determinación de los circuitos ramales en las instalaciones eléctricas internas se establecen en las secciones 210, 220 y 225 de la NTC 2050.

Teniendo en cuenta estos parámetros se calculan los circuitos ramales, aplicando la siguiente metodología presentada en la figura (3):

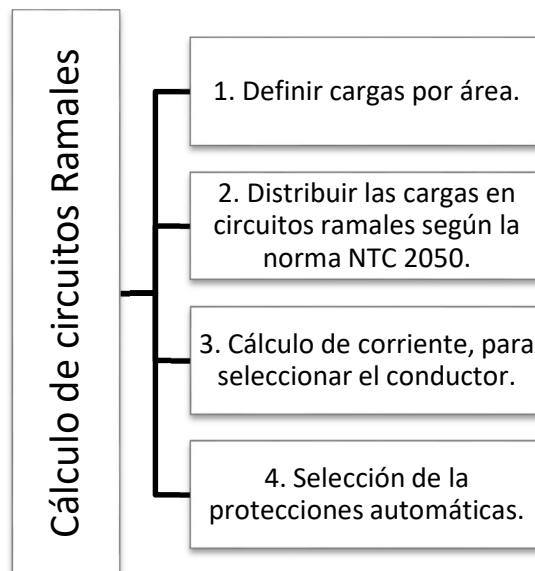


Figura 3: Metodología para el cálculo de circuitos ramales

Las instalaciones internas serán atendidas por circuitos ramales derivados de tableros de distribución. Para seleccionar el conductor que transportará la corriente desde el tablero de distribución hasta las cargas finales como tomacorrientes e iluminación, se debe tener en cuenta el flujo de corriente que pedirá dicha carga y el porcentaje de regulación de tensión, para posteriormente seleccionar tanto el calibre como el material del circuito ramal.

Se permite una regulación máxima del 2% desde el tablero de distribución hasta la carga más lejana. Por otro lado, los circuitos ramales se deben clasificar según la capacidad de corriente máxima o según el valor de ajustes de dispositivos de protección contra sobre corriente. La clasificación de los circuitos ramales que no sean individuales debe ser de 15, 20, 30, 40 y 50 A.

Los cálculos de carga mínima de alumbrado por metro cuadrado de superficie del suelo, para unidades de vivienda debe ser de 32 VA/m², 1500 VA por cada circuito ramal bifilar para lavadora y plancha. En las salidas de tomacorrientes, cada tomacorriente sencillo o múltiple de un puente se debe considerar a no menos de 180 VA, como se muestra en la tabla (4).

Tabla 3: Cargas mínimas instaladas por usuario.

Cargas mínimas instalada por usuario		
Carga alumbrado general por vivienda	32 VA/m ²	Tabla 220-3.b NTC 2050
Carga mínima para lavadora y plancha	1.500 VA	Tabla 220-3.b NTC 2050
Carga pequeños artefactos	1.500 VA	Tabla 220-3.b NTC 2050
Carga aire acondicionado	1.200 VA	Tabla 220-3.b NTC 2050
Salida de luz	105 VA	Tabla 220-3.b NTC 2050
Salida tomacorriente común	180 VA	Tabla 220-3.b NTC 2050
Salida tomacorriente GFCI	180 VA	Tabla 220-3.b NTC 2050

Se deben instalar circuito ramales para alumbrado y artefactos, incluidos artefactos a motor, cargas no específicas, pequeños artefactos y lavadoras. El número mínimo de circuitos ramales se debe establecer a partir de la carga total calculada y la capacidad nominal de los circuitos utilizados.

Debe existir uno o más circuitos ramales de 20 A para pequeños, y se le asignará una carga de 1500 VA por cada ramal, para realizar los cálculos del alimentador. Además, debe existir al menos un circuito ramal de 20 A para conectar solamente las salidas de tomacorrientes para lavadora y plancha, asignándose una carga de 1500 VA para realizar los cálculos del alimentador.

2.1.4 Metodología para la selección de conductores y protecciones en circuitos ramales

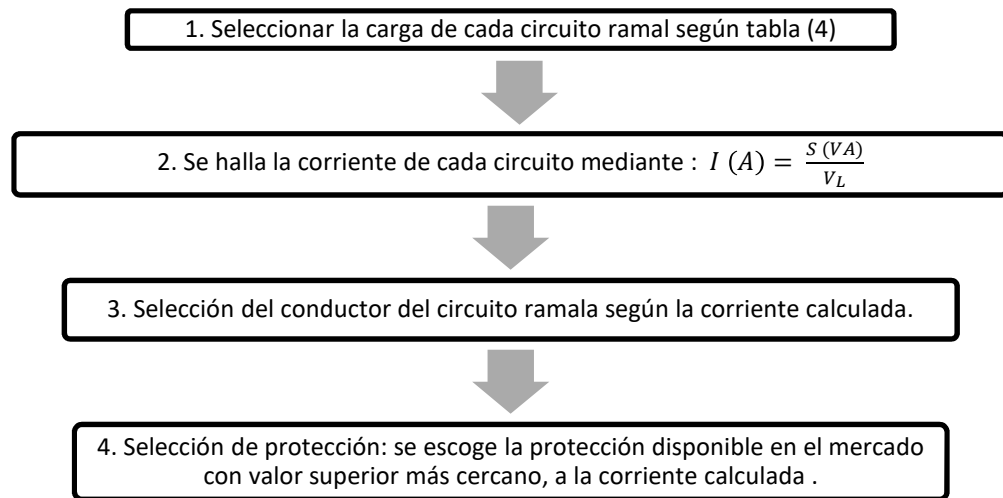


Figura 4: Metodología para el cálculo de conductores y protecciones.

2.1.5 Selección de conductores y circuitos ramales

Como medio de protección contra sobre corriente cada uno de los conductores que transporta la corriente desde el tablero de distribución hasta las cargas de uso final, deben estar protegidos con un interruptor automático tipo termo-magnético.

La selección de las protecciones para los circuitos ramales se debe hacer de acuerdo a la capacidad de corriente que va a transportar el circuito, por lo tanto la protección debe tener una capacidad nominal superior a la corriente máxima que transporta el conductor. A continuación se muestra la tabla (5), con las especificaciones de protecciones y conductores, de acuerdo a la capacidad de corriente del circuito ramal.

Tabla 4: Protecciones y conductores para circuitos ramales según NTC 2050

CORRIENTE NOMINAL DEL CIRCUITO	15 A	20 A	30 A	40 A	50 A
PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE	15 A	20 A	30 A	40 A	50 A
CARGA MÁXIMA	15 A	20 A	30 A	40 A	50 A
CALIBRE MÍNIMO DEL CONDUCTOR	14 AWG	12 AWG	10 AWG	8 AWG	6 AWG
DISPOSITIVOS DE SALIDA	Cualquiera	cualquiera	cualquiera	pesado	pesado
CAPACIDAD NOMINAL DE TOMACORRIENTE	15 A	15 o 20 A	30 A	40 A	40 o 50 A

Especificaciones de protecciones y conductores de acuerdo a la capacidad de corriente del circuito ramal (Norma ntc 2050 tabla 210-24)

2.1.6 Calculo de conductores y protecciones en alimentadores de cargas especiales

Para cargas continuas como motores de bombas de agua, ascensores y aires acondicionados entre otros (equipos especiales), tanto la protección como el calibre del

conductor se deben seleccionar calculando la corriente nominal utilizando la siguiente expresión:

$$I_{\text{nominal}} = \frac{S(\text{VA})}{V_L} \quad (2)$$

$$I_{\text{protección}} = 1.25 * I_{\text{nominal}} \quad (3)$$

A partir del cálculo de esta corriente se selecciona tanto el calibre como la protección termo-magnéticas para cada carga.

Nota: Para el caso de la bomba contra incendio la selección de la protección se debe hallar utilizando la siguiente expresión:

$$I_{\text{protección BCI}} = 6.25 * I_{\text{nominal}} \quad (4)$$

Esta corriente es equivalente a la Corriente de rotor bloqueado de la bomba contra incendio. La protección de la bomba contra incendio debe ser de tipo magnética.

2.1.7 Tableros de distribución

El código eléctrico colombiano NTC 2050, presenta en su sección 384 las generalidades sobre cuadros y paneles de distribución.

Los tableros de distribución tendrán la capacidad para alojar la totalidad de circuitos ramales derivados de ellos, de tal manera que cada circuito ramal tenga su protección contra sobre corriente independiente.

En un tablero de distribución, no se deben instalar más de 42 dispositivos contra sobrecorriente (además de los del alimentador) para circuitos ramales de alumbrado y artefactos.

Se elaborará un cuadro de carga por cada tablero de distribución, en el que se consignará para cada circuito la información indicada a continuación:

- Cantidad de salidas para alumbrado normal.
- Cantidad de salidas para tomacorriente normal.
- Cantidad de salidas especiales.
- Cantidad de salidas para motor.
- Carga instalada por fase en vatios.
- Carga instalada total en vatios.
- Factor de potencia promedio.
- Carga instalada total, en voltamperios.
- Corriente de la fase más cargada
- Tipo y calibre del conductor seleccionado.
- Protección seleccionada.

2.1.8 Demanda máxima

Según el artículo 220-37 del código eléctrico colombiano, NTC 2050, donde el cálculo opcional en viviendas multifamiliares o grupos de vivienda según la reglamentación de las empresas locales de energía para este caso la normativa dada por la ESSA (Electrificadora de Santander S.A.), se permite calcular la capacidad de un transformador, una acometida o un alimentador de acuerdo a la metodología opcional recomendada.

La determinación de la demanda máxima en el diseño de redes eléctricas internas para viviendas multifamiliares, se realiza de acuerdo a los criterios establecidos por la NTC 2050.

Para determinar la demanda máxima en el cálculo y diseño de acometidas y transformadores de acuerdo al numeral 220-37 del código eléctrico colombiano, NTC 2050, es necesaria la aplicación de los factores y criterios expuestos a continuación, los cuales están soportados por estudios realizados del comportamiento real de la demanda en los diferentes estratos y sectores socio-económicos.

Los factores de demanda son mostrados en la tabla (6).

Tabla 5: Factores de demanda.

Descripción	carga (VA)	Factor de demanda (%)
Residencial		
<i>Estratos 1 y 2</i>	Carga aparato mayor potencia	100
	Resto	50
<i>Estratos 3 y 4</i>	Carga aparato mayor potencia	100
	Resto	40
<i>Estratos 5 y 6</i>	Carga aparato mayor potencia	100
	Resto	30
<i>Carga áreas comunes</i>	Motores	100
	Resto	60
Comercial		
<i>Tomas comunes</i>	primeros 5000	100
	sobre 5000	50
<i>Alumbrado</i>	primeros 50000	100
	sobre 50000	50
<i>Cargas especiales y áreas comunes</i>	TOTAL	100

Las curvas del factor de diversidad para el sector residencial, están dadas por las ecuaciones, presentadas a continuación:

Tabla 6: Factores de diversidad

SECTOR	FACTOR DE DIVERSIDAD
ESTRATOS 1, 2, 3, 4	$F_{div,res} = \frac{1}{0,2 + 0,8 * e^{\frac{1-N}{6}}}$
ESTRATOS 5 Y 6	$F_{div,res} = \frac{1}{0,3 + 0,7 * e^{\frac{1-N}{6}}}$
COMERCIAL USUARIOS MONOFÁSICOS BIFILARES	$F_{div,res} = \frac{1}{0,2 + 0,8 * e^{\frac{1-N}{4,5}}}$
COMERCIAL USUARIOS TRIFILARES Y TETRAFILARES	$F_{div,res} = \frac{1}{0,3 + 0,7 * e^{\frac{1-N}{4,5}}}$

Como requerimiento para el cálculo de acometida y transformadores, se recomienda el siguiente método opcional con los parámetros para determinar la carga por usuarios, de acuerdo a lo permitido por el artículo 220-37 del código eléctrico colombiano, NTC 2050.

- ❖ Carga mínima instalada (S_i) por usuario:
- ❖ $32 \frac{VA}{m^2}$ para cargas de alumbrado general.
- ❖ Carga mínima para lavadora y plancha: 1500 VA
- ❖ Carga mínima para uno o más circuitos de pequeños aparatos: 1500 VA por circuito.

$$\text{Demanda máxima total: } D_{max} = \frac{S_R}{F_{div-r}} + S_{ACR} + \frac{S_C}{F_{div-com}} + S_{ACC} \quad (5)$$

Dónde:

S_R : Carga demandada sector residencial.

$$S_R = [S_M + (S_I - S_M) * F_d] * N$$

S_M : Carga aparato mayor potencia.

S_I : Carga mínima instalada por usuario.

S_{ACR} : Carga de áreas comunes sector residencial.

N : Número de usuarios.

F_d : Factor de demanda.

F_{div-r} : Factor de diversidad.

S_C : Carga demandada de sector comercial.

S_{ACC} : Carga de áreas comunes sector comercial.

$F_{div-com}$: Factor de diversidad sector comercial.

Metodología para obtener la demanda máxima DMAX

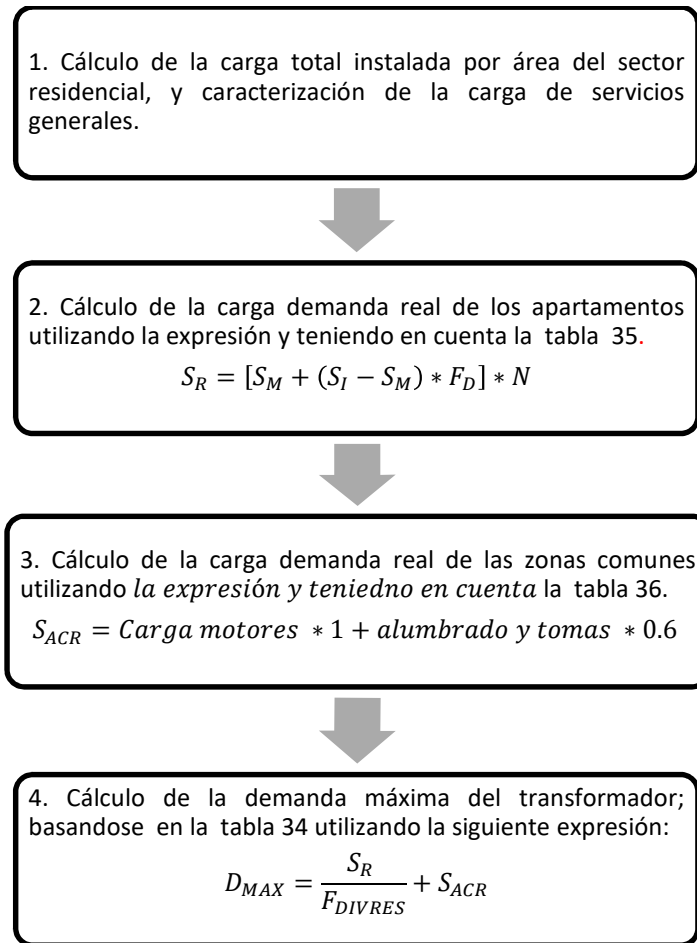


Figura 5: Metodología para el cálculo de la demanda máxima.

2.1.9 Subestación de distribución

Una subestación de distribución, también conocida como transformador de voltaje es un conjunto de elementos interconectados entre sí, cuya función es modificar y establecer los niveles de tensión requeridos por el sistema. Los criterios generales de diseño de subestaciones de media tensión se hacen teniendo en cuenta lo establecido en la sección 450 de la NTC 2050.

De acuerdo con su forma de instalación las subestaciones se pueden clasificar en: Aérea, pedestal o encapsulada.

La capacidad de la subestación se determina con base a la demanda máxima, de tal manera se cumpla con las restricciones de pérdidas de energía, teniendo en cuenta lo establecido en los numerales 2.1.5 y 2.1.3 de la norma ESSA.

Tabla 7: Capacidad de transformadores según la tensión primaria.

Capacidad del transformador (KVA)	Tensión primaria (KV)
Hasta 500	13.2
Hasta 5000	34.5
Mayores de 5000	115

2.1.10 Plantas de emergencia

Es un grupo motor-generator que transforma la energía térmica de un combustible a energía mecánica y ésta a su vez mediante inducción electromagnética en un generador se transforma a energía eléctrica. El código eléctrico colombiano NTC 2050 presenta en el capítulo 7 secciones 700 – 705 los requisitos y generalidades de los sistemas de emergencia.

Estos sistemas están destinados a suministrar automáticamente dentro de los 10 segundos siguientes al corte de la energía eléctrica la energía para el alumbrado de áreas, equipos previamente definidos y en caso de falla del sistema destinado a alimentar circuitos esenciales, para los equipos y áreas asociados a la seguridad y la vida humana. Se instalarán plantas de emergencia en: Centros comerciales, clínicas y hospitales, edificios con ascensor, entre otros.

La potencia de la planta debe satisfacer necesidades tales como: áreas de circulación comunal, ascensores, sistemas de alarma, sistemas de bombeo de agua potable, sistemas de detección, alarma y extinción de incendios.

Cuando se requiera la instalación de una planta de emergencia, se diseñará en el módulo de baja tensión de la subestación un barraje preferiblemente independiente que alimenten las cargas que requieran la suplencia de la planta. Este barraje se alimentará desde el transformador o la planta de emergencia, utilizando una transferencia automática garantizando así el enclavamiento electromecánico de los dos sistemas.

2.1.11 Desarrollo sostenible y eficiencia energética

La Eficiencia Energética es el uso inteligente de la energía: consumir energía sin desperdiciarla. A través de ella, se pueden realizar más actividades con la misma energía y mejorar la calidad de vida, manteniendo equilibrio y armonía con el medio ambiente; esto se logra por medio de la utilización de tecnología que necesita menos energía para realizar la misma tarea.

Este proceso se basa en el conjunto de medidas adoptadas para garantizar la eficiencia

a lo largo de la cadena de suministro de energía. En este proyecto se evalúan medios para realizar un uso más eficaz de equipos de generación, transmisión y distribución menos eficientes, asociadas a mejorar el funcionamiento y mantenimiento de los equipos a instalarse o mejorarlos con tecnologías de vanguardia; esto con el propósito de desarrollar edificaciones sostenibles de acuerdo al reglamento técnico vigente.

2.1.12 Sistema solar fotovoltaico conectado a red

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformarla en energía eléctrica.

Los sistemas conectados a red no tienen sistemas de acumulación, ya que la energía producida durante las horas de insolación, se vierte directamente en la red de distribución eléctrica mediante un inversor de corriente específico para este tipo de instalaciones.

Estas instalaciones cuentan con sistemas de seguimiento del estado de la tensión de la red de distribución, de manera que se garantice el correcto funcionamiento de las mismas en lo referente a la forma de entregar la energía, tanto en modo como en tiempo, evitando situaciones peligrosas.

Por otra parte, se eliminan las baterías que son la parte más cara y compleja de una instalación (ciclos de carga, vida útil, mantenimiento, etc.).

Los componentes de un sistema solar fotovoltaico conectado a red se muestran en la figura (6).

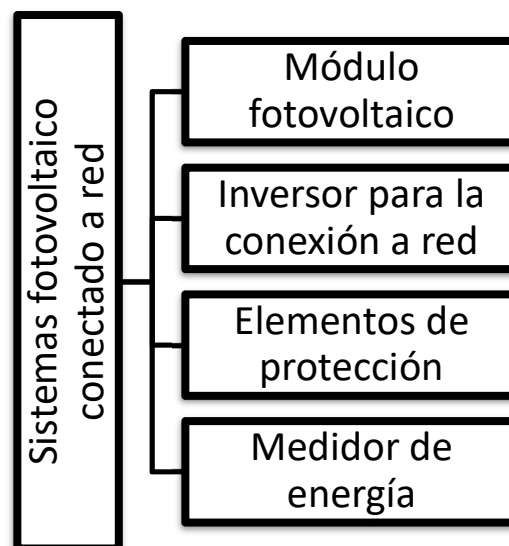


Figura 6: Componentes de un sistema fotovoltaico conectado a red.

2.1.13 Cubiertas verdes

Además de servirnos como componentes funcionales para la protección de las edificaciones, son consideradas un recurso para generar nuevos espacios, atrayendo a las personas. Por otro lado, ofrecen soluciones para la gestión de las aguas lluvia y contrarrestan el efecto isla de calor en zonas densamente urbanizadas, las cuales reflejan la radiación solar incidente sobre la superficie a partir del área foliar de las plantas y expulsan el calor por medio del proceso de evaporación de agua remanente por riego.

Tipo de cubiertas verdes

Tabla 8: Tipos de cubiertas verdes.

Ítem	Tipo
Espesor	Extensivo Techos verdes horizontales o inclinados de 5cm a 30cm, generalmente cercanos a 10cm. Son de bajo mantenimiento y un peso menor a 150Kg/m ² . Requieren inspección 1 o 2 veces al año. Las plantas adaptadas son ruderales y resistentes, auto-generables.
	Intensivo Techos horizontales con un espesor de 30cm o superior cuyas plantas son de raíces generosas. Requiere un mantenimiento considerable. Requieren tareas habituales de mantenimiento en jardinería como cortar el césped, abonado, riego, etc.
Instalación	Modular Se caracteriza por la utilización de módulos (plásticos o metálicos) o sacos, de aproximadamente 0,2m ² y un espesor de 5cm a 15cm, que almacenan el sustrato y en el cual se siembra la vegetación. Es de fácil y rápida instalación. La vegetación puede ser sembrada varias semanas antes de la ubicación definitiva de los módulos.
	En sitio Son los techos verdes tradicionales, que consiste en el extendido de tierra sobre toda la terraza previa adecuación a partir de la instalación de las membranas para la posterior siembra de vegetación.
Pendiente	Horizontal Son aquellos que tienen una pendiente menor de 5%. Debido a su pendiente su sistema de drenaje debe ser especialmente diseñado.
	Inclinado Techos verdes de 5% hasta 40% de pendiente que deben ser especialmente confinados en sus laterales para evitar deslizamientos. Una gran ventaja de éstos, es la facilidad de su drenaje.
	Artesanal Son aquellos desarrollados a pequeña escala, principalmente en zonas rurales. Se caracterizan por la utilización de elementos comunes, sean naturales o sintéticos.
	Son los comúnmente desarrollados en edificaciones y que

Diseño	emplean productos especializados para este tipo de proyectos y
Tecnificado	por ellos su costo es mayor. Tienen mayores prestaciones en drenaje e impermeabilización que los de tipo artesanal.

Componentes de las cubiertas verdes

Dentro de las características de las cubiertas verdes se encuentran: la resistencia a las sequías, a los cambios de temperatura, crecimiento moderado de capa vegetal con raíz corta, mantenimiento mínimo y buena apariencia. A continuación se muestran los componentes de una cubierta verde: Capa vegetal, suelo de cultivo y membranas protectoras, el espesor generalmente se encuentra entre 10 y 30cm.

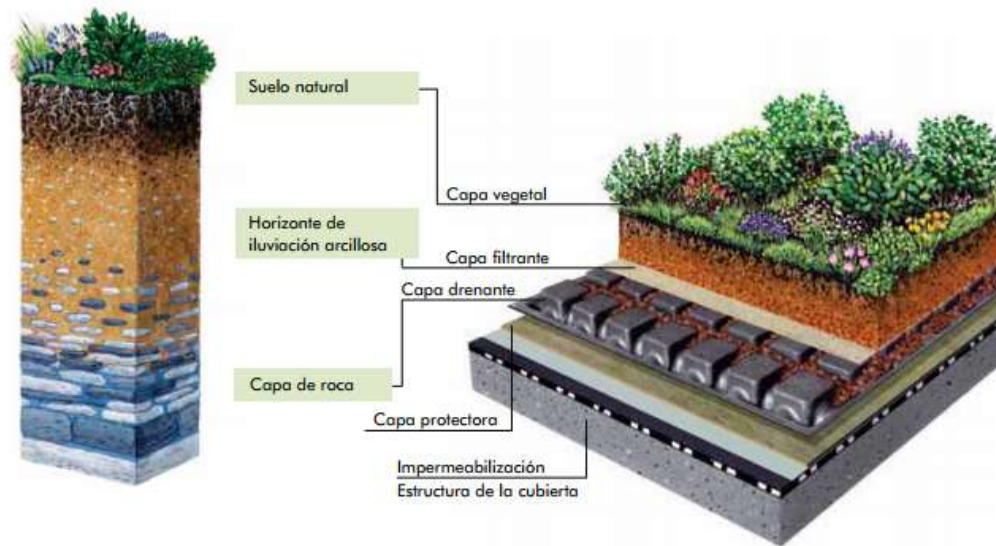


Figura 7: Componentes de un techo verde

Vegetación: es la parte superior y visual de la aplicación, determina el nivel de aislamiento, ya que a mayor sombra generada sobre el sustrato menor calor será transmitido a la estructura. La especie vegetal se elige teniendo los siguientes parámetros: nivel de irrigación, profundidad mínima de la tierra de cultivo y nivel de tolerancia al calor.

Suelo de Cultivo: Su composición es de vital importancia ya que determina parte de la vida útil del proyecto. Se debe caracterizar por ser liviano, nutritivo y de alta expectativa de vida. Su espesor está asociado con la profundidad que pueda alcanzar la capa vegetal seleccionada. Define el peso de la aplicación (m), el cual se calcula a partir del área (A), el espesor (h) y la densidad de la tierra (ρ). La densidad del suelo de cultivo varía básicamente según el nivel de humedad, que se puede encontrar entre 700Kg/m^3 y 1000Kg/m^3

$$m = \rho Ah \quad (6)$$

Capa de Drenaje: Permite controlar el nivel de lluvia y riego del cultivo, a partir de grava

y de una estructura reticular plástica liviana. Su presentación en rollos o en unidades cuadradas permite su fácil instalación.

Capa anti-raíz: Membrana encargada de evitar que las raíces de la vegetación se extienda hasta la capa de impermeabilización, lo cual puede ocasionar perforaciones a ésta.

Capa de impermeabilización: Evita el contacto del agua con la placa de hormigón y con ello problemas de humedad. Se realiza a partir de una tela de PVC o de una solución asfáltica (aplicación líquida).

2.1.14 Tubos solares

Tecnología para introducir luz natural cenital en espacios interiores por medio de tubos de aluminio reflectante que pueden tener una longitud de hasta 12m verticalmente, dentro de sus ventajas se encuentran: filtro de rayos UV, disminución de la transferencia de calor y control de la luz incidente.

Funcionamiento: La luz es transmitida a través de una guía por medio de la reflexión interna, esto se origina debido a que los materiales utilizados son: resinas acrílicas, policarbonatos, vidrio entre otros.

- a). El domo es el componente principal ya que se encarga de la captura de los rayos luminosos, las propiedades que poseen son: resistencia al impacto y a la intemperie, traslucidez.
- b). La zona de transferencia se encarga de transportar los rayos luminosos con mínimas pérdidas.
- c). La zona de difusión se encarga de difundir la luz proveniente de la zona de transferencia, su objetivo es orientar homogéneamente la iluminación.

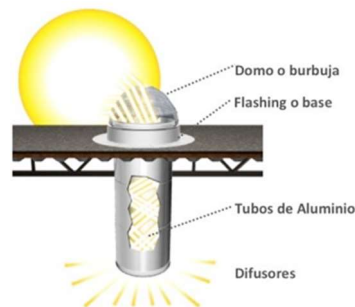


Figura 8: Zonas de un tubo solar

Componentes

Se escoge de acuerdo a cada área del edificio.

Domo o Burbuja: Fabricadas en acrílico, con características protectoras contra rayos UV; con grosores de 3.175mm lo que hace que tengan una trasmisión optimizada del

92% y con capacidad de carga mínima de 100 libras por pie cúbico.



Figura 9: Cúpula tipo Domo.

Tubos de Extensión Reflexivos: Fabricados en hojas de aluminio de 0.015" a 0.02" de grosor, debido a que permiten hacer quiebres a noventa grados.

Ensamblado de Difusor: Difusor superior en plástico acrílico clasificado como CC2, al cual se le acopla un difusor con grosor mínimo de 0.024" para maximizar la emisión de luz natural así como el ángulo de difusión.

Aplicación: Estos sistemas están diseñados para edificaciones de una sola planta o para los últimos niveles de edificaciones de varios pisos.

Mantenimiento: El único mantenimiento requerido para estos sistemas es la limpieza periódica de los domos.

Difusor: sirven distribuir la luz en un área específica, los cuales se adaptan a diferentes necesidades.

Recomendaciones técnicas

La cantidad de luz que pueden aportar estos tipos de sistemas, no es constante todos los días debido a la variación de la radiación solar respecto a la época del año y a la influencia de factores externos como: difracciones en su recorrido, obstrucciones por edificios cercanos, árboles, o montañas, que a su vez generan sombras; de estas variables depende la orientación de los domos de acuerdo al diámetro como se aprecia en la tabla (10).

Tabla 9: Niveles de iluminación de tubos solares de acuerdo al diámetro y condiciones climáticas

Diámetro (mm)	Verano 75 klux	Verano Nublado 50Klux	Invierno Nublado 25klux	Área (m2)
	Valor Lux	Valor Lux	Valor Lux	
230	337	225	112	7,5
300	607	404	202	14
450	1452	968	484	22
530	2052	1386	684	30
750	4238	2825	1413	50
1000	7675	5117	2558	60

La máxima longitud de los tubos en la zona de transmisión, por el ejemplo por recomendaciones técnicas para diámetros pequeños la longitud recomendada es 8m, y para diámetros grandes 20m, lo contraproducente es que a mayor longitud mayores pérdidas las cuales oscilan en un 6% por cada metro, a diferencia del cambio de dirección del tubo en la hay una reducción del 12% por cada vez que se varíe un 45% la dirección.

2.1.15 Certificación LEED

LEED: LIDERAZGO EN ENERGIA Y DISEÑO DE MEDIO AMBIENTE

Es un plan de certificación de edificios sostenibles reconocidos a nivel mundial, desarrollado por el consejo de la construcción verde de Estados Unidos. Este plan, es ofrecido a empresas constructoras y propietarios de edificaciones que sean diseñados, remodelados o adaptados en un marco sostenible utilizando diseños prácticos y medibles. El programa se inició en Estados Unidos, en 1998 por el U.S. Green Building Council, pero el 40% de las edificaciones que poseen los sellos se encuentran fuera, con éxito reconocido en más de 1100 edificaciones 135 países, debido a que incentiva la construcción sostenible y a la reducción de uso de los recursos naturales y energéticos; La verificación se realiza por un grupo de terceros que evalúan las estrategias utilizadas para lograr un gran rendimiento en áreas claves de la salud humana y del medio ambiente.

Sistemas de Calificación:

El programa LEED cuenta con varios sistemas de calificación:

LEED para edificios existentes.

LEED para Nuevas Construcciones y Grandes Remodelaciones.

LEED Core& Shell.

LEED para interiores comerciales.

LEED para viviendas.

LEED para escuelas.

LEED para edificios hospitalarios.

LEED para el desarrollo urbanístico.

Categorías de crédito

Se tiene en cuenta para los créditos de calificación, diferentes aspectos relacionados:

Parcelas sostenibles: 26 puntos

Eficiencia energética y atmósfera: 35 puntos

Eficiencia de agua: 10 puntos

Materiales y recursos: 14 puntos

Calidad del aire interno: 15 puntos

Además de estos aspectos, existen muchas otras categorías como bonificación pero las

más utilizadas son:

- Innovación en el diseño: casi 6 puntos disponibles.
- Prioridad regional: 4 puntos accesibles.

Tipos de certificación LEED

Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres y la selección de materiales.

Tipos de certificación LEED

Existen cuatro niveles de certificación:

- Certificado (LEED Certificate)



- Plata (LEED Silver)



- Oro (LEED Gold)



- Platino (LEED Platinan)



Qué puntos necesito para cada certificación LEED



Puntos
40-49



Puntos
60-69



Puntos
50-59



Puntos
80-1

2.1.16 Pérdidas de energía por efecto Joule en conductores

Al circular una corriente eléctrica a través de un conductor, el movimiento de los electrones produce choques con los átomos del conductor cuando adquieren velocidad constante, lo que hace que parte su energía cinética se convierta en calor, con un consiguiente aumento en la temperatura del conductor. El aumento de energía térmica es proporcional al aumento de corriente, y por consiguiente mayor será el calor liberado. A este fenómeno se le conoce como efecto joule.

2.1.17 Sistema de iluminación Clase A y control automático

Una fuente de iluminación eficaz es aquella que convierte la mayor parte de energía eléctrica en luz y una menor cantidad se disipa en forma de calor, para identificarlas hay que verificar la etiqueta de eficacia la cual indica que tan eficiente es; para un mejor aprovechamiento se recomienda utilizarlas con tecnologías complementarias como: dispositivos para realizar la activación automática, temporizadores para programar los tiempos de encendido y apagado, reguladores de tensión o *dimmers*, sensores de luz y de movimiento, entre otros.

Para el estudio y cálculo de los niveles de iluminación, se hace necesario tener en consideración las siguientes definiciones:

Alcance: Característica de una luminaria que indica la extensión que alcanza la luz en la dirección longitudinal del camino. Las luminarias se clasifican en: de alcance corto, medio o largo.

Altura de montaje: Se define como la altura de las luminarias a la altura del centro geométrico de la luminaria por encima del nivel del piso.

Brillo: Característica de la luz que provoca la sensación visual de mayor o menor cantidad de luz, puede ser directo o emitido (proveniente de un manantial luminoso) e indirecto o reflejado (proveniente de objetos iluminados).

Candela (cd): Unidad de intensidad luminosa igual a 1/60 de la intensidad luminosa por centímetro cuadrado de un cuerpo negro operando a la temperatura de solidificación del platino.

Curvas Isolux: Lugar geométrico de puntos de una superficie donde la iluminancia tiene el mismo valor, para una altura de montaje de 1m un flujo luminoso de 1000lm.

Deslumbramiento: Condición de visión en la cual se experimenta una molestia, o una reducción en la capacidad para distinguir los objetos, como resultado de una distribución desfavorable de la luminancia, o como resultado de contrastes exagerados en el espacio y en el tiempo.

Flujo luminoso (ϕ): Magnitud característica de un flujo de radiación que indica su aptitud para producir una sensación luminosa, evaluada según los valores de la eficiencia luminosa relativa. Unidad: Lumen, lm.

Iluminación: Flujo luminoso por unidad de superficie. Cuando la luz emitida por una fuente incide sobre una superficie, se dice que esta se encuentra iluminada, siendo entonces la iluminación la cantidad de flujo luminoso, dividido por el área iluminada. La unidad de iluminación o iluminancia es el lux que es igual a un lumen sobre metro cuadrado.

Iluminancia (E): Es la relación entre el flujo luminoso que recibe una superficie y su área. Su unidad es el lux.

Intensidad luminosa (I): Cociente entre el flujo luminoso emitido por una fuente, propagando un elemento de ángulo sólido conteniendo dicha dirección y el elemento de ángulo sólido. Unidad: Candela, Cd.

Luminancia (L): Es la relación entre la Intensidad luminosa en la dirección determinada y una superficie. Su unidad es candela por metro cuadrado.

Lumen (lm): Unidad de flujo luminoso. Flujo luminoso emitido en el ángulo sólido unitario (estereorradián), por una fuente puntual uniforme que produce una intensidad luminosa de una candela.

Lux (lx): Unidad de iluminancia. Corresponde a la iluminación de una superficie de un metro cuadrado que recibe un flujo de un lumen uniformemente repartido.

Luxómetro: Instrumento para la medición del nivel de iluminación.

Plano de trabajo: es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado, y cuyos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos.

Reflectancia: Relación entre el flujo radiante o luminoso reflejado y el flujo incidente.

Tarea visual: Actividad que debe desarrollarse en determinado nivel de iluminación.

Vida económica (de una fuente luminosa): Es el período expresado en horas, después del cual esta deja de funcionar completa y definitivamente por haberse consumido cualquiera de sus propios componentes, sin que hayan interferido influencias externas como por ejemplo variaciones de tensión o daño de accesorios.

Vida física (de una fuente luminosa): Es el período expresado en horas, después del cual esta deja de funcionar completa y definitivamente por haberse consumido cualquiera de sus propios componentes, sin que hayan interferido influencias eternas como por ejemplo variaciones de tensión o daño de accesorios.

Vida promedio (de una fuente luminosa): Entiéndase bajo el término de “vida promedio” de un lote de fuentes luminosas, el período expresado en horas, después del cual ha dejado de funcionar la mitad del mismo, mientras que la otra mitad sigue funcionando.

Vida útil de una fuente: Período de servicio efectivo de una fuente que trabaja bajo condiciones y ciclos de trabajo normales que su flujo luminoso sea el 70% del flujo luminoso normal.

2.2 MARCO LEGAL

En este capítulo, se referencia la normativa aplicada durante el desarrollo del proyecto, enfocándose básicamente en el cálculo y diseño de los sistemas de distribución de energía, e instalaciones eléctricas internas del edificio de tipo residencial.

2.2.1 Normas para el cálculo y diseño de sistemas de distribución ESSA ESP. Revisión noviembre del 2010.

Las especificaciones técnicas tratadas en esta norma están basadas en la información reportada por la ESSA (Empresa electrificadora de Santander), la cual es la entidad encargada del manejo de las redes de Eléctricas en los municipios de Bucaramanga, Girón, Floridablanca y Piedecuesta.

Estas especificaciones establecen los requerimientos técnicos para la construcción y el montaje de las redes eléctricas y de alumbrado público subterráneas y describe los requisitos mínimos para la mano de obra, suministro de equipos, herramientas y procedimientos, para la manipulación, instalación, cableado, conexión, pruebas y puesta en marcha de todos los componentes principales para el traslado de redes eléctricas, la subterranización de acometidas y la implantación del sistema de alumbrado público y que comprende el suministro y la instalación de: Las subestaciones de pedestal para alumbrado público, las protecciones, las redes de alumbrado público, el montaje de postes y luminarias, la construcción de los sistemas de canalizaciones de redes eléctricas, la subterranización de redes y los sistemas de puesta a tierra.

2.2.2 Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE. Resolución Nº 18 1294 de agosto de 2008.

El RETIE reglamenta las normas técnicas y le da el carácter de obligatoriedad a las

disposiciones existentes (norma NTC 2050) y establece otros criterios de obligatorio cumplimiento en adelante, tanto para nuevas instalaciones como para las existentes. Así mismo, establece un procedimiento para certificar las instalaciones con los requisitos y prescripciones del Reglamento Técnico, de carácter obligatorio, que tiene una validez de dos años para las instalaciones hospitalarias y diez años para las demás, enmarcando dentro del RETIE las instalaciones industriales, comerciales, oficiales y multifamiliares. También establece un régimen sancionatorio para aquellas instalaciones y profesionales que no cumplan con lo allí establecido.

2.2.3 Código eléctrico nacional NTC 2050 de noviembre 25 de 1998, primera actualización.

La Norma Técnica Colombiana NTC 2050, basada en el National Electrical Code (NEC) es un instructivo fundamental para el diseño y construcción de las instalaciones eléctricas para los profesionales que se desempeñan en esta área.

El objetivo de esta norma es la protección de las personas y de los bienes materiales frente a cualquier riesgo que pueda surgir por el uso de la electricidad. El cumplimiento de las disposiciones de seguridad y mantenimiento presentes en la NTC 2050 dará lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para el buen servicio o ampliaciones futuras en el uso de la electricidad.

Este código está hecho para que resulte adecuada su utilización por organismos que tengan jurisdicción legal sobre las instalaciones eléctricas y para ser aplicado por personal autorizado. La autoridad que tenga jurisdicción sobre el cumplimiento de este código debe ser responsable de interpretar las reglas, de decidir la aprobación de los equipos y materiales y de conceder los permisos especiales que contemplen algunas de ellas.

2.2.4 Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP

Este Reglamento Técnico tiene por objeto fundamental establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación.

El RETILAP establece las reglas generales que se deben tener en cuenta en los sistemas de iluminación interior y exterior, y dentro de estos últimos los de alumbrado público, en el territorio Colombiano, inculcando el URE en iluminación. En tal sentido señala las exigencias y especificaciones mínimas para que las instalaciones de iluminación garanticen la seguridad y confort con base en su buen diseño y desempeño operativo, así como los requisitos de los productos empleados en las mismas.

Capítulo 3

3. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

En este capítulo, se hace énfasis en describir unas de las características más importantes del edificio Torre Centro, las cuales son esenciales como punto de partida para el desarrollo de un correcto diseño, como lo son las coordenadas del proyecto y sus particularidades.

Localización

El edificio torre centro estará ubicado en la ciudad de Bucaramanga, más exactamente en la dirección Calle 35 No. 21-36 como se muestra en la figura (10) a continuación.

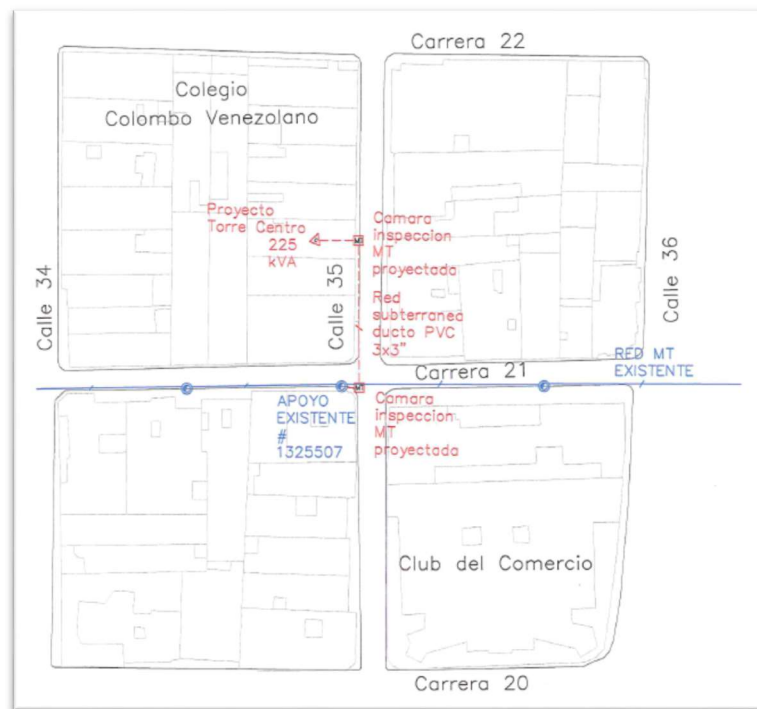


Figura 10: Localización edificio Torre Centro.

Características del edificio

En la tabla (11) se presentan las características generales del Edificio Torre Centro.

Tabla 10: Características del edificio

Tipo de proyecto	Edificio Multifamiliar
Tipo de servicio	Residencial
Estrato socio económico	4
Tipos de usuarios	Apartamentos
Cantidad de torres	1
Cantidad de apartamentos	70
Nivel de medida	1 (120-208V)

3.2 SISTEMAS ELÉCTRICOS

Esta sección, contempla todos los parámetros para el cálculo y diseño de las instalaciones eléctricas, desde el punto de derivación de la red de media tensión (13.2 KV), hasta las salidas de cada uno de los apartamentos tipo del edificio. De manera tal, que se cumplan los criterios exigidos por la norma mencionadas en el marco legal.

3.2.1 Niveles de tensión de diseño

La selección de la tensión para el cálculo y diseño de la redes de distribución de energía eléctrica del proyecto Torre Centro fue basada en la norma NTC 2050 y la norma ESSA.

El nivel de tensión para la alimentación general del proyecto se selecciona con base a la demanda máxima del suscriptor. En la tabla (12), se muestra la tabla de demandas máximas por niveles de tensión según la norma ESSA.

Tabla 11: Tensión para las diferentes demandas

Tensión (KV)	Demanda máxima (KVA)
baja	Hasta....30
media (13,2)	Hasta.....500
media (34,5)	Hasta.....5000

Según el cálculo de la demanda máxima del edificio tabla (36) y la selección del transformador mostrado en el capítulo (4), los niveles de tensión de diseño utilizados para todo el cálculo son mostrados en la tabla a continuación:

1. Tensión de servicio en media tensión: 13.200 V

2. Tensión de servicio en baja tensión: 208/120 V

3.2.2 Acometidas en media tensión

La red de media tensión es a nivel 2 (13200V), se deriva del apoyo No. 1042394 (ver anexo 3), en red aérea en conductor ACSR N° 2/0 AWG, en dos trayectos hasta el límite del lote en una longitud aproximada de 40 metros y en red subterránea hasta el cuarto de la subestación en una longitud aproximada de 50 metros, según se muestra en planos, en conductor XLPE 15V N° 2 AWG y ducto PVC de 3" en los tramos subterráneos y metálica galvanizada en la tubería expuesta a placa, cuya función es transportar la energía desde la disponibilidad suministrada por la red ESSA en nivel 2 hasta la subestación del edificio Torre Centro.

3.2.3 Características de la carga

La carga a instalar es de tipo residencial, en un estrato socio-económico 4, permitiendo la utilización de un factor de potencia de 0,9 para la carga representada por tomas y luces, y un factor de potencia de 0,8 en atraso para motores de servicios generales (ver anexo 4).

Cargas necesarias

EL número de salidas necesarias para redes eléctricas internas se establece en la parte C de la sección 210 del código eléctrico colombiano, NTC 2050.

Caracterización de la carga instalada

En la tabla (13) se presentan las cargas requeridas en cada una de las áreas del edificio, a partir de las cuales se realiza el diseño de los circuitos.

Tabla 12: Tipos de carga a instalar.

Tipo de carga	
Alumbrado parqueaderos	Tubos Led 2x20 W, Luz fluorescente compacta y panel redondo Led de 10W.
Alumbrado puntos fijos	Luz fluorescente compacta y panel led redondo de 10 W.
Alumbrado zona social	Panel rectangular Led de 33W, Panel Led redondo 18W, panel Redondo Led 10 W, Aplique tipo Tortuga -155, reflectors de 20 y 30 W.
Alumbrado apartamento	Balas Led de 10W
Motores ascensores, bombas etc.	Motores trifásicos de factor de potencia normal de (0.8)
Salida de fuerza apartamentos	Tomacorrientes normales y GFCI para baños y mesón cocina

La distribución de las cargas necesarias del edificio Torre Centro se muestra en el anexo (5), con sus respectivas convenciones.

3.2.4 Regulación de voltaje en para redes de baja tensión.

Al igual que los circuitos ramales, tanto las acometidas en baja tensión como los circuitos alimentadores se seleccionan por regulación y se verifican por corriente.

De acuerdo a la norma ESSA, se debe tener en cuenta que el calibre mínimo del conductor no puede ser menor a N° 8 AWG si son de cobre, o N° 6 AWG si son de aluminio cobre revestido en aluminio, excepto para lo establecido en el artículo 430-3b y 230-31.b, de la NTC 2050.

Se establece un porcentaje de regulación de tensión menor igual al 5% para circuitos alimentadores de tableros de distribución, 3% para circuitos alimentadores a cargas especiales como motores, y un porcentaje de regulación menor o igual al 2% para la acometida principal que va desde el secundario del transformador, hasta el barraje principal del tablero general.

Se emplearán las siguientes ecuaciones:

Calculo del porcentaje de regulación de tensión:

Se calcula de acuerdo a la expresión (1) nombrada anteriormente.

$$\%R = \frac{K_g * S * l * F_c}{V_L^2} \quad (1)$$

Según la norma NTC 2050, la carga de mayor potencia (SM) para este caso es la sumatoria del circuito de lavadora y plancha, más el circuito de pequeños artefactos, lo que equivale a 3000 VA, siendo el factor de demanda FD = 0.35.

En la tabla (14) se muestra el cálculo de la carga demandada por los circuitos alimentadores

Tabla 13: Demanda en alimentadores de medidores a tableros de apartamentos

CARGA DEMANDADA PARA EL CÁLCULO DE REGULACIÓN EN CIRCUITOS ALIMENTADORES								
Descripción	Area (m ²)	Alumbrado [KVA] 32VA*m ²	Cto pequeños artefactos [KVA] (I)	Cto Lavadora y Plancha [VA] (SM)	Carga Mínima Instalada P/U [KVA] (SI)	Factor de demanada MAX (FD)	Factor de demanada Resto (FD)	Dmax [KVA] por Apto según NTC 2050
Apto Tipo A	69	2,208	1,5	1,5	5,2	1,0	0,35	3,77
Apto Tipo B	82	2,624	1,5	1,5	5,6	1,0	0,35	3,92
Apto Tipo C	84	2,688	1,5	1,5	5,7	1,0	0,35	3,94
Apti Tipo D	82	2,624	1,5	1,5	5,6	1,0	0,35	3,92

Capítulo 4

4. DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS

4.1 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA EN APARTAMENTOS TIPO Y ÁREAS COMUNES

En esta sección, se realiza el cálculo de los circuitos ramales y la distribución de la carga instalada en las adecuaciones internas del edificio torre centro, incluyendo apartamentos tipo (A, B, C, D), alumbrado comunal, zona social, portería y cargas de servicios generales, de acuerdo a lo explicado en el capítulo 2.

Apartamento tipo A

Tabla 14: Cargas por área apartamento tipo A

APARTAMENTO TIPO A					
DESCRIPCION	AREA (m2)	CARGA (VA/m2)	CARGA TOTAL (VA)	F.P	CARGA TOTAL EN W
Alumbrado General (tomas generales)	69	32	2.208,00	0,9	1.987,20
Pequeños artefactos			1.500	0,9	1.350
Lavadora y plancha			1.500	0,9	1.350
Total			5.208,00	0,90	4.687,20

Tabla 15: Cuadro de carga apartamento tipo A

USUARIO	CTO	CARGA (VA)	FP	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR AWG	PROTECCION	OBSERVACIONES
APTO TIPO A TABLERO DE DISTRIBUCION	1	133	0,90	1,11	14	1x15	Iluminacion
	2	1500	0,90	12,50	12	1x15	Tomas Lavadora y Plancha
	3	1500	0,90	12,50	12	1x15	Artefactos cocina
	4	1080	0,90	9,00	12	1x15	Tomas alcobas
	5	720	0,90	6,00	12	1x15	Tomas sala y estar TV
	6	360	0,90	3,00	12	1x15	Tomas Baños
	7-8						RESERVA
	TOTAL	5293	0,90	25,45			

Apartamento tipo B

Tabla 16: Cargas por área apartamento tipo B

APARTAMENTO TIPO B					
DESCRIPCION	AREA (m2)	CARGA (VA/m2)	CARGA TOTAL (VA)	F.P	CARGA TOTAL EN W
Alumbrado General(tomas generales)	82	32	2.624,00	0,9	2.361,60
Pequeños artefactos			1.500	0,9	1.350
Lavadora y plancha			1.500	0,9	1.350

Total			5.624,00	0,90	5.061,60
-------	--	--	-----------------	-------------	-----------------

Tabla 17: Cuadro de carga apartamento tipo B

USUARIO	CTO	CARGA (VA)	FP	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR AWG	PROTECCION	OBSERVACIONES
APTO TIPO B TABLERO DE DISTRIBUCION	1	122,22	0,90	1,02	14	1x15	Iluminacion
	2	1500,00	0,90	12,50	12	1x15	Tomas Lavadora y Plancha
	3	1500,00	0,90	12,50	12	1x15	Artefactos cocina
	4	900,00	0,90	7,50	12	1x15	Tomas alcobas
	5	900,00	0,90	7,50	12	1x15	Tomas sala y estar TV
	6	360,00	0,90	3,00	12	1x15	Tomas Baños
	7-8						RESERVA
	TOTAL	5282,22	0,90	25,40			

Apartamento tipo C

Tabla 18: Cargas por área apartamento tipo C

APARTAMENTO TIPO C					
DESCRIPCION	AREA (m2)	CARGA (VA/m2)	CARGA TOTAL(VA)	F.P	CARGA TOTAL EN W
Alumbrado General (tomas generales)	84	32	2.688,00	0,9	2.419,20
Pequeños artefactos			1.500	0,9	1.350
Lavadora y plancha			1.500	0,9	1.350
Total			5.688,00	0,9	5.119,20

Tabla 19: Cuadro de carga apartamento tipo C

USUARIO	CTO	CARGA (VA)	FP	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR AWG	PROTECCION	OBSERVACIONES
APTO TIPO C TABLERO DE DISTRIBUCION	1	133,33	0,90	1,11	14	1x15	Iluminacion
	2	1500,00	0,90	12,50	12	1x15	Tomas Lavadora y Plancha
	3	1500,00	0,90	12,50	12	1x15	Artefactos Cocina
	4	1080,00	0,90	9,00	12	1x15	Tomas alcobas
	5	1260,00	0,90	10,50	12	1x15	Tomas sala y estar TV
	6	360,00	0,90	3,00	12	1x15	Tomas Baños
	7-8						RESERVA
	TOTAL	5833,33	0,90	28,04			

Apartamento tipo D

Tabla 20: Cargas por área apartamento tipo D

APARTAMENTO TIPO D					
DESCRIPCION	AREA (m2)	CARGA (VA/m2)	CARGA TOTAL (VA)	F.P	CARGA TOTAL EN W
Alumbrado General (Tomas generales)	82	32	2.624,00	0,9	2.361,60
Pequeños artefactos			1.500	0,9	1.350
Lavadora y plancha			1.500	0,9	1.350
Total			5.624,00	0,90	5.061,60

Tabla 21: Cuadro de carga apartamento tipo D

USUARIO	CTO	CARGA (VA)	FP	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR AWG	PROTECCION	OBSERVACIONES
APTO TIPO D TABLERO DE DISTRIBUCION	1	122,22	0,90	1,02	14	1x15	Iluminacion
	2	900,00	0,90	7,50	12	1x15	Tomas Lavadora y Plancha
	3	360,00	0,90	3,00	12	1x15	Tomas cocina
	4	1800,00	0,90	15,00	12	1x15	Tomas alcobas
	5	1260,00	0,90	10,50	12	1x15	Tomas sala y estar TV
	6	180,00	0,90	1,50	12	1x15	Tomas Baños
	7-8						RESERVA
TOTAL	5462,22	0,90	26,26				

Áreas y Servicios comunes.

Según la tabla (23). Tipos de carga a instalar. Las cargas de se distribuyen de la siguiente forma:

Tabla 22: Cuadro de carga de alumbrado comunal

USUARIO	CTO	LUCES				TOMAS COMUN 162 W	CARGA (W)			CARGA (VA)	OBSERVACIONES	
		PANEL REDONDO LED 10W	PANEL LED 60X30 DE 33W	SALIDA PLAFON 100W	2 TUBOS LED DE 40W		FASES					TOTAL (W)
							A	B	C			
TAC- TABLERO DE ALUMBRADO COMUNAL	1	4	3		9		499		499	554,4	Iluminacion parqueadero sotano	
	2	3		12	13			1750	1750	1944,4	Iluminacion parqueadero piso 1	
	3	7		3	12				850	944,4	Iluminacion parqueadero piso 2	
	4	7		12	10		1670		1670	1855,6	Iluminacion parqueadero piso 3	
	5	10						100	100	111,1	Iluminacion punto fijo piso 5	
	6	18							180	180	200,0	Iluminacion punto fijo piso 6-7
	7	18					180		180	200,0	Iluminacion punto fijo piso 8-9	
	8	18						180	180	200,0	Iluminacion punto fijo piso 10-11	
	9	18							180	180	200,0	Iluminacion punto fijo piso 12-13
	10	18							180	180	200,0	Iluminacion punto fijo piso 14-15
	11	18					180		180	200,0	Iluminacion punto fijo piso 16-17	
	12	18						180	180	200,0	Iluminacion punto fijo piso 18-19	
	13	18							180	180	200,0	Iluminacion punto fijo piso 20-21
	14	10						100	100	111,1	Iluminacion punto fijo piso 21-22	
	15					2	324			324	360,0	Tomas piso sotano
	16-24											Reserva
TOTAL	185	3	27	44	2	2853	2490	1390	6733	7481,1		

Tabla 23: Cuadro de carga Portería

USUARIO	CTO	LUCES		TOMAS COMU N 162 W	CARGA (W)			CARGA (VA)	OBSERVACIONES
		PANEL REDONDO LED 10W	PANEL LED 60X30 DE 33W		FASES		TOTAL (W)		
					A	B			
TP-TABLERO PORTERIA	1	10	2		166		166	184,44	Iluminacion Lobby, porche y Admon
	2			8		1.296	1.296	1440,00	Tomas generales
	3-5					600	600	1.200	A.A Admon
	4-6					750	750	1.500	Motor Porton
	7-12								RESERVA
	TOTAL	10	2	8	1.516	2.646	4.162	4896,47	

Tabla 24: Distribución de cargas de zona social

USUARIO	CTO	LUCES						TOMAS				CARGA (W)				CARGA (VA)	OBSERVACIONES
		PANEL REDONDO LED 10W	PANEL LED 60X30 DE 33W	PANEL REDONDO LED 18W	REFLECTOR LED 20W	REFLECTOR LED 30W	COMUN 100W	COMUN 162 W	GFCI 162 W	MOTOR	FASES			TOTAL (W)			
											A	B	C				
TAC- TABLERO DE ZONA SOCIAL	1	0		17			1					406			406	451,11	Iluminacion salon social y gimnasio
	2	14					1						240		240	266,67	Iluminacion salon de juegos y hall
	3	6					9							960	960	1066,67	Iluminación baños, sauna, escaleras, pa
	4		4		9								312		312	346,67	Iluminación reflectores, sala de trabajo y parque
	5					7							210		210	233,33	Iluminación pisina
	6							5						810	810	900,00	Tomas gimnasio
	7							7	1			1.296			1.296	1440,00	Tomas juegos y sala de trabajo
	8							6	1				1.134		1.134	1260,00	Tomas Salon social
	9-11									1		1.000	1.000	2.000	2500,00	Motor pisina	
	10-12									1	600		600	1.200	1500,00	A.A GYM	
	13-15									1		600	600	1.200	1500,00	A.A Salos social	
	14-18																RESERVA
	TOTAL		20	4	17	9	7	11	18	2	3	2.614	3.184	3.970	9.768	11192,50	

Cargas de servicios generales

En las instalaciones internas del edificio Torre Centro, es necesaria la instalación de equipos especiales, para suplir las necesidades básicas de los residentes como: suministro de agua potable y ascensores. A continuación en la tabla (26), se muestra la carga instalada de estos equipos:

Tabla 25: Carga de servicios generales

CARGA POR MOTORES							
Descripción	Cantidad	Carga (HP)	Carga (W)	FP	Corriente (A)	Carga (KVA)	
Ascensor	1	25	18650	0,8	64,7	23	
Ascensor	1	25	18650	0,8	64,7	23	
Bomba contra Incendio	1	120	89520	0,8	310,6	112	
Bomba Consumo	1	30	22380	0,8	77,7	28	
Bomba Consumo	1	30	22380	0,8	77,7	28	
Bomba Jockey	1	4	2984	0,8	10,4	4	
Bomba eyectora	1	6	4476	0,8	15,5	6	
Bomba Eyectora	1	6	4476	0,8	15,5	6	
Carga Total de servicios generales (KVA)						229,4	

4.2 CONDUCTORES Y PROTECCIONES DE CIRCUITOS RAMALES Y ALIMENTADORES.

En esta sección, se muestran los resultados obtenidos en cada circuito ramal, aplicando la metodología para el cálculo del calibre del conductor y la protección en cada circuito mostrada en el capítulo 2.1.4, 2.1.5 y 2.1.6, con sus respectivos parámetros:

Áreas residenciales (apartamentos tipos A, B, C, D).

Tabla 26: Conductores y protecciones en circuitos ramales apartamento tipo A.

USUARIO	CTO	CARGA (VA)	FP	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR AWG	PROTECCION	OBSERVACIONES
APTO TIPO A TABLERO DE DISTRIBUCION	1	133	0,90	1,11	14	1x15	Iluminacion
	2	1500	0,90	12,50	12	1x15	Tomas Lavadora y Plancha
	3	1500	0,90	12,50	12	1x15	Artefactos cocina
	4	1080	0,90	9,00	12	1x15	Tomas alcobas
	5	720	0,90	6,00	12	1x15	Tomas sala y estar TV
	6	360	0,90	3,00	12	1x15	Tomas Baños
	7-8						RESERVA
	TOTAL	5293	0,90	25,45	8		

Tabla 27: Conductores y protecciones en circuitos ramales apartamento tipo B.

USUARIO	CTO	CARGA (VA)	FP	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR AWG	PROTECCION	OBSERVACIONES
APTO TIPO B TABLERO DE DISTRIBUCION	1	122,22	0,90	1,02	14	1x15	Iluminacion
	2	1500,00	0,90	12,50	12	1x15	Tomas Lavadora y Plancha
	3	1500,00	0,90	12,50	12	1x15	Artefactos cocina
	4	900,00	0,90	7,50	12	1x15	Tomas alcobas
	5	900,00	0,90	7,50	12	1x15	Tomas sala y estar TV
	6	360,00	0,90	3,00	12	1x15	Tomas Baños
	7-8						RESERVA
	TOTAL	5282,22	0,90	25,40	8		

Tabla 28: Conductores y protecciones en circuitos ramales apartamento tipo C.

USUARIO	CTO	CARGA (VA)	FP	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR AWG	PROTECCION	OBSERVACIONES
APTO TIPO C TABLERO DE DISTRIBUCION	1	133,33	0,90	1,11	14	1x15	Iluminacion
	2	1500,00	0,90	12,50	12	1x15	Tomas Lavadora y Plancha
	3	1500,00	0,90	12,50	12	1x15	Artefactos Cocina
	4	1080,00	0,90	9,00	12	1x15	Tomas alcobas
	5	1260,00	0,90	10,50	12	1x15	Tomas sala y estar TV
	6	360,00	0,90	3,00	12	1x15	Tomas Baños
	7-8						RESERVA
	TOTAL	5833,33	0,90	28,04			

Tabla 29: Conductores y protecciones en circuitos ramales apartamento tipo D

USUARIO	CTO	CARGA (VA)	FP	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR AWG	PROTECCION	OBSERVACIONES
APTO TIPO D TABLERO DE DISTRIBUCION	1	122,22	0,90	1,02	14	1x15	Iluminacion
	2	900,00	0,90	7,50	12	1x15	Tomas Lavadora y Plancha
	3	360,00	0,90	3,00	12	1x15	Tomas cocina
	4	1800,00	0,90	15,00	12	1x15	Tomas alcobas
	5	1260,00	0,90	10,50	12	1x15	Tomas sala y estar TV
	6	180,00	0,90	1,50	12	1x15	Tomas Baños
	7-8						RESERVA
	TOTAL	5462,22	0,90	26,26			

Servicios comunes

Para los servicios comunes, se distribuyeron las cargas en tres tableros diferentes, para las cargas de alumbrado en sótanos, parqueaderos, depósitos, cuartos útiles y puntos fijos (pasillos y escaleras), se dejó un tablero de distribución de 24 puestos mostrado en la tabla (31). Para las cargas de la portería, administración y recepción, se proyecta un tablero de distribución bifásico de 12 puestos mostrado en la tabla (33). Y finalmente para la zona social, un tablero de distribución trifásico de 18 puestos mostrado en la tabla (32). Por otro lado, en el diagrama unifilar del anexo (6) se puede ver con más detalle las características de cada tablero.

Tabla 30: Conductores y protecciones circuitos ramales alumbrado comunal

USUARIO	CTO	CARGA (VA)	FP	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR AWG	PROTECCION N	OBSERVACIONES
TAC- TABLERO DE ALUMBRADO COMUNAL	1	554,4	0,9	4,6	14	1x15	Iluminacion parqueadero sotano
	2	1944,4	0,9	16,2	12	1x20	Iluminacion parqueadero piso 1
	3	944,4	0,9	7,9	14	1x15	Iluminacion parqueadero piso 2
	4	1855,6	0,9	15,5	12	1x20	Iluminacion parqueadero piso 3
	5	111,1	0,9	0,9	14	1x15	Iluminacion punto fijo piso 5
	6	200,0	0,9	1,7	14	1x15	Iluminacion punto fijo piso 6-7
	7	200,0	0,9	1,7	14	1x15	Iluminacion punto fijo piso 8-9
	8	200,0	0,9	1,7	14	1x15	Iluminacion punto fijo piso 10-11
	9	200,0	0,9	1,7	14	1x15	Iluminacion punto fijo piso 12-13
	10	200,0	0,9	1,7	14	1x15	Iluminacion punto fijo piso 14-15
	11	200,0	0,9	1,7	14	1x15	Iluminacion punto fijo piso 16-17
	12	200,0	0,9	1,7	14	1x15	Iluminacion punto fijo piso 18-19
	13	200,0	0,9	1,7	14	1x15	Iluminacion punto fijo piso 20-21
	14	111,1	0,9	0,9	14	1x15	Iluminacion punto fijo piso 21-22
	15	360,0	0,9	3,0	12	1x15	Tomas piso sotano
	16-24						Reserva
TOTAL	7481,1	0,9	20,8	10	3x40		

Tabla 31: Conductores y protecciones circuitos ramales zonas comunes.

USUARIO	CTO	CARGA (VA)	FP	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR AWG	PROTECCION	OBSERVACIONES
TAC- TABLERO DE ZONAS COMUNES	1	451,11	0,90	3,76	14	1x15	Iluminacion salon social y gimnasio
	2	266,67	0,90	2,22	14	1x15	Iluminacion salon de juegos y hall
	3	1066,67	0,90	8,89	14	1x15	Iluminación baños, sauna, escaleras, pa
	4	346,67	0,90	2,89	14	1x15	Iluminación reflectores, sala de trabajo y parque
	5	233,33	0,90	1,94	14	1x15	Iluminación piscina
	6	900,00	0,90	7,50	14	1x15	Tomas gimnasio
	7	1440,00	0,90	12,00	12	1x20	Tomas juegos y sala de trabajo
	8	1260,00	0,90	10,50	14	1x15	Tomas Salon social
	9-11	2500,00	0,80	15,02	12	2x20	Motor piscina
	10-12	1500,00	0,80	9,01	12	2x20	A.A GYM
	13-15	1500,00	0,80	9,01	12	2x20	A.A Salos social
	14-18						RESERVA
TOTAL	11192,50	0,87	31,07	10	3x40		

Tabla 32: Conductores y protecciones circuitos ramales portería.

USUARIO	CTO	CARGA (VA)	FP	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR AWG	PROTECCION	OBSERVACIONES
TP-TABLERO PORTERIA	1	184,44	0,90	1,54	14	1x15	Iluminacion Lobby, porche y Admon
	2	1440,00	0,90	12,00	12	1x12	Tomas generales
	3-5	1500,00	0,80	7,21	12	2x15	A.A Admon
	4-6	1875,00	0,80	9,01	12	2x15	Motor Porton
	7-12						RESERVA
	TOTAL	4896,47	0,85	23,54	10	2x30	

Circuitos alimentadores para cargas especiales (equipos especiales)

En la tabla (34) se muestran las protecciones y conductores seleccionados para cada equipo mediante la aplicación de las expresiones mencionadas en el capítulo 2.1.6, el cual muestra la manera analítica de hallar el calibre del conductor y la protección para cada de las cargas especiales.

Tabla 33: Conductores y protecciones en circuitos alimentadores para cargas especiales.

Equipo	S (KVA)	Fases	I (A)	Protección	Conductor
Ascensor 1	23	3	85,01	3x100	Cu 1/0
Ascensor 2	23	3	85,01	3x100	Cu 1/0
Bomba contra incendio	112	3	310,60	1600-4160 A	Cu 2/0
Bomba de agua 1	28	3	97,06	3x100	Cu 2
Bomba de agua 2	28	3	97,06	3x100	Cu 2
Bomba Jockey	4	3	12,94	3x20	Cu 10
Bomba eyectora	6	3	19,41	3x20	Cu 10

El material de los conductores para circuitos ramales, alimentadores y acometidas es de cobre aislado para las fases, cobre aislado para el neutro y cobre desnudo para las tierras.

4.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA

Esta sección, contempla el cálculo de la demanda máxima diversificada de las cargas instaladas en el interior del edificio, para calcular la potencia nominal de la subestación y la demanda diversificada de los tableros de medida de usuarios.

Las tablas (35) y (36) muestran los parámetros para el cálculo del transformador aplicando la metodología de la figura (5), capítulo 2.1.8.

Cálculo de la carga demandada del sector residencial SR

Tabla 34: Parámetros para el cálculo de la demanda del sector residencial

CARGA DEMANDADA POR APARTAMENTO									
Descripción	Area (m ²)	Alumbrado [KVA] 32VA*m ²	Cto pequeños artefactos [KVA] (I)	Cto Lavadora y Plancha [VA] (SM)	Cantidad (N)	Carga Mínima Instalada P/U [KVA] (SI)	Factor de demandada MAX (FD)	Factor de demandada Resto (FD)	Dmax [KVA] por Apto según ESSA
Apto Tipo A	69	2,208	1,5	1,5	18	5,2	1,0	0,4	2,98
Apto Tipo B	82	2,624	1,5	1,5	18	5,6	1,0	0,4	3,15
Apto Tipo C	84	2,688	1,5	1,5	17	5,7	1,0	0,4	3,18
Apti Tipo D	82	2,624	1,5	1,5	17	5,6	1,0	0,4	3,15
Total (SR)									217,91

Cálculo de carga de las áreas comunes para el sector residencial SACR

Tabla 35: Cálculo de la demanda de cargas de servicios comunes del sector residencial

Descripción	Carga Total Instalada (KVA)	Factor de demanda (FD)	Carga demandada real zonas comunes (SACR)
Ascensor	23	1	23,31
Ascensor	23	1	23,31
Bomba de agua	28	1	27,98
Bomba Jockey	4	1	3,73
Bomba eyectora	6	1	5,60
Bomba Eyectora	6	1	5,60
Alumbrado comunal	7,48	0,6	4,49
Zonas sociales	11,19	0,6	6,72
Portería	4,90	0,6	2,94
Total (SACR)			103,66

Calculo de la demanda máxima del transformador:

El factor de diversidad para edificios residenciales de estrato 4 está dado por la fórmula mostrada en la tabla (7). A continuación se presenta el cálculo del factor de diversidad teniendo en cuenta que el número de usuarios es de 70 apartamentos.

$$F_{div_res} = \frac{1}{0,2 + 0,8 * e^{\frac{1-N}{6}}} \quad (8)$$

Donde N: número de usuarios totales, el cual equivale a 70 apartamentos.

$$F_{div_res} = \frac{1}{0,2 + 0,8 * e^{\frac{1-70}{6}}} = 5$$

Por lo tanto se calcula un factor de diversidad equivalente a 5.

En la expresión (5) no se tienen en cuenta los términos $\frac{S_C}{F_{div-com}}$ y S_{ACC} ya que sólo se utilizan en áreas comerciales, de esta forma la expresión se reduce a

$$D_{max} = \frac{S_R}{F_{div-res}} + S_{ACR} \quad (9)$$

Reemplazando en la fórmula (9)

$$D_{max} = \frac{217.91}{5} + 103.66 = 147.242 \text{ KVA}$$

Teniendo el valor calculado de la demanda máxima se selecciona un transformador que cumpla con las características mostradas en la tabla (37).

Tabla 36: Características del transformador.

TRANSFORMADOR S/E TORRE CENTRO	
Capacidad (kVA)	150
Fases	3
Voltaje Primario	13200 V
Voltaje Secundario	208-120 V
Frecuencia	60 Hz
Conexión	DY5
Corriente nominal en el primario (A)	6,56
Corriente nominal en el secundario (A)	416,36
μz	5%
Conductor en el secundario	2 x Cu 4/0

Nota:

Teniendo en cuenta las características del transformador y específicamente su corriente nominal en el secundario se calculó y se seleccionaron 2 conductores de cobre calibre

4/0 que transportarán la corriente desde el secundario del transformador hasta los barrajes del tablero general del edificio.

El μz es la impedancia promedio del transformador de 150 KVA, es un dato suministrado por el fabricante del transformador. La corriente nominal en el secundario del transformador se halla utilizando la expresión (12).

Calculo de la demanda máxima para barraje de tablero de medidores

El cálculo de la demanda máxima para el barraje de medidores se calcula teniendo en cuenta los factores de demanda y los factores de diversidad de acuerdo a las tablas (6) y (7).

Comercialmente se pueden encontrar gabinetes de 15, 18 y 24 puestos, para este caso se tienen 70 apartamentos, debido a esto se escoge como mejor solución implementar 3 gabinetes de 24 puestos cada uno.

Para el cálculo de la carga demandada por el tablero de contadores se utiliza la expresión.

$$S_R = [S_M + (S_I - S_M) * F_D] * N \quad (10)$$

Nota:

Además se utiliza al factor de diversidad de la tabla (7).

El número de usuarios N es 24, ya que es la cantidad de usuarios de cada tablero de medidores. Para calcular el factor de diversidad se utiliza la expresión (8).

Para el SM y el SI se toman los mismos valores utilizados en el cálculo de la demanda máxima del transformador. La demanda máxima diversificada de los contadores 1, 2, 3 (TC1, TC2 y TC3) se halla mediante la siguiente expresión:

$$D_{MAX_{diversificada}} = \frac{\text{Demanda máxima inicial}}{\text{Factor Diversidad Residencial}(F_{div_{res}})} \quad (11)$$

En la tala (38) se presenta las características de los tableros de medidores, las cuales van a ser fundamentales para los cálculos de la regulación de tensión en circuitos alimentadores mostrados en el capítulo siguiente.

Tabla 37: Parámetros de medidores 1 y 2.

TABLERO DE MEDIDORES 1 y 2			
TIPO	Dmax (KVA)	Cantidad (N)	Demanda max total en [KVA] (SR)

TIPO A	2,98	6	17,8992
TIPO B	3,15	6	18,8976
TIPO C	3,18	6	19,0512
TIPO D	3,15	6	18,8976
TOTAL		24	74,7456

Tabla 38: Demanda máxima diversificada tableros de medidores 1 y 2.

DMAX DIVERSIFICADA TM1 yTM2	
Estrato	4
N° Usuario	24
Demanda máxima total (KVA)	74,7456
Factor Diversidad Residencial	4,60
Demanda máxima total diversificada TM1 y TM2 (kVA)	16,25

Tabla 39: Parámetros de tablero de medidores 3.

TABLERO DE MEDIDORES 3			
TIPO	Dmax (KVA)	Cantidad (N)	Demanda max total en [KVA] (SR)
TIPO A	2,983	6	17,8992
TIPO B	3,150	6	18,8976
TIPO C	3,175	5	15,876
TIPO D	3,150	5	15,748
TOTAL		22	68,4208

Tabla 40: Demanda máxima diversificada tablero de medidores 3.

DMAX TOTAL TM3	
Estrato	4
N° Usuario	22
Carga (KVA)	68,4208
Factor Diversidad Residencial	4,46
Demanda máxima total TM3 (kVA)	15,34

4.4 CÁLCULO DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN REDES DE BAJA TENSIÓN

El cálculo de regulación de tensión mostrados en las tablas (42), (43), (44) y (45) se hace específicamente en acometidas que van desde el transformador hasta tablero general, de tablero general salen circuitos alimentadores que van hasta las cargas de servicios comunes y acometidas que van desde el tablero general hasta el gabinete de medidores 1, 2 y 3 de usuarios residenciales, y finalmente se calcula la regulación de tensión en circuitos alimentadores que van desde el gabinete de medidores hasta los tableros normales de distribución de los apartamentos del edificio torre centro. Es importante mencionar que los trayectos se pueden visualizar en el anexo (6) diagrama unifilar.

Por otro lado, las abreviaciones mencionadas en las tablas anteriormente mencionadas son:

- TFR: Transformador
- TGAL: Tablero general
- TGusuarios: Tablero general de usuarios
- A: Apartamento
- TM1: tablero de medidores 1
- TM2: Tablero de medidores 2
- TM3: Tablero de medidores 3
- TGSC: Tablero general de servicios comunes
- TBA: Tablero de bomba de agua
- TBJ: Tablero de bomba jockey
- TASC: Tablero de ascensores
- TBE: Tablero de bomba eyectora
- TAC: Tablero de alumbrado comunal
- TP: Tablero de portería
- TTZS: Tablero de zona social.

Tabla 41: Regulación en circuitos alimentadores de usuarios TM1

TRAMO	LONG TOTAL (m)	DEMANDA (KVA)	FASES	KG	REGULACION		CORRIENTE (A)	Conductor (THW)
					PARCIAL	TOTAL		
TRF-TGAL	5	150	3	21,1205	0,18	0,18	416,36	Cu 4/0
TGAL-TGUSUARIOS	2	47,84	3	37,37117	0,08	0,27	132,8	Cu 1/0
TGUSUARIOS-TM1	45	16,25	3	57,80	0,977	1,24	45,11	Cu 2
Tm1-A101	26	3,77	2	217,61	1,11	2,35	18,14	Cu 8
Tm1-A102	37	3,92	2	217,61	1,641	2,88	18,84	Cu 8
Tm1-A103	36	3,94	2	217,61	1,606	2,85	18,95	Cu 8
Tm1-A104	37	3,92	2	217,61	1,641	2,88	18,84	Cu 8
Tm1-A201	29	3,77	2	217,61	1,238	2,48	18,14	Cu 8
Tm1-A202	40	3,92	2	217,61	1,774	3,02	18,84	Cu 8
Tm1-A203	39	3,94	2	217,61	1,739	2,98	18,95	Cu 8
Tm1-A204	40	3,92	2	217,61	1,774	3,02	18,84	Cu 8
Tm1-A301	32	3,77	2	217,61	1,366	2,61	18,14	Cu 8
Tm1-A302	43	3,92	2	217,61	1,907	3,15	18,84	Cu 8
Tm1-A303	42	3,94	2	217,61	1,873	3,12	18,95	Cu 8
Tm1-A304	43	3,92	2	217,61	1,907	3,15	18,84	Cu 8
Tm1-A401	35	3,77	2	217,61	1,494	2,74	18,14	Cu 8
Tm1-A402	46	3,92	2	217,61	2,04	3,28	18,84	Cu 8
Tm1-A403	45	3,94	2	217,61	2,007	3,25	18,95	Cu 8
Tm1-A404	46	3,92	2	217,61	2,04	3,28	18,84	Cu 8
Tm1-A501	38	3,77	2	217,61	1,622	2,87	18,14	Cu 8
Tm1-A502	49	3,92	2	217,61	2,173	3,42	18,84	Cu 8
Tm1-A503	48	3,94	2	217,61	2,141	3,38	18,95	Cu 8
Tm1-A504	49	3,92	2	217,61	2,173	3,42	18,84	Cu 8
Tm1-A601	41	3,77	2	217,61	1,751	2,99	18,14	Cu 8
Tm1-A602	52	3,92	2	217,61	2,306	3,55	18,84	Cu 8
Tm1-A603	51	3,94	2	217,61	2,274	3,52	18,95	Cu 8
Tm1-A604	52	3,92	2	217,61	2,306	3,55	18,84	Cu 8

Tabla 42: Regulación de tensión en circuitos alimentadores de usuarios TM2

TRAMO	LONG TOTAL (m)	DEMANDA (KVA)	FASES	KG	REGULACION		CORRIENTE (A)	Conductor (THW)
					PARCIAL	TOTAL		
TRF-TGAL	5	150	3	21,1205	0,18	0,18	416,36	Cu 4/0
TGAL-TGUSUARIOS	2	47,84	3	37,37117	0,08	0,27	132,79	Cu 1/0
TGUSUARIOS-TM2	45	16,25	3	57,80	0,977	1,24	45,11	Cu 2
Tm2-A701	44	3,77	2	217,61	1,879	3,12	18,14	Cu 8
Tm2-A702	55	3,92	2	217,61	2,439	3,68	18,84	Cu 8
Tm2-A703	54	3,94	2	217,61	2,408	3,65	18,95	Cu 8
Tm2-A704	55	3,92	2	217,61	2,439	3,68	18,84	Cu 8
Tm2-A801	47	3,77	2	217,61	2,007	3,25	18,14	Cu 8
Tm2-A802	58	3,92	2	217,61	2,572	3,82	18,84	Cu 8
Tm2-A803	57	3,94	2	217,61	2,542	3,79	18,95	Cu 8
Tm2-A804	58	3,92	2	217,61	2,572	3,82	18,84	Cu 8
Tm2-A901	50	3,77	2	217,61	2,135	3,38	18,14	Cu 8
Tm2-A902	61	3,92	2	217,61	2,705	3,95	18,84	Cu 8
Tm2-A903	60	3,94	2	217,61	2,676	3,92	18,95	Cu 8
Tm2-A904	61	3,92	2	217,61	2,705	3,95	18,84	Cu 8
Tm2-A1001	53	3,77	2	217,61	2,263	3,51	18,14	Cu 8
Tm2-A1002	64	3,92	2	217,61	2,838	4,08	18,84	Cu 8
Tm2-A1003	63	3,94	2	217,61	2,81	4,05	18,95	Cu 8
Tm2-A1004	64	3,92	2	217,61	2,838	4,08	18,84	Cu 8
Tm2-A1101	56	3,77	2	217,61	2,391	3,63	18,14	Cu 8
Tm2-A1102	67	3,92	2	217,61	2,971	4,21	18,84	Cu 8
Tm2-A1103	66	3,94	2	217,61	2,943	4,19	18,95	Cu 8
Tm2-A1104	67	3,92	2	217,61	2,971	4,21	18,84	Cu 8
Tm2-A1201	59	3,77	2	217,61	2,519	3,76	18,14	Cu 8
Tm2-A1202	70	3,92	2	217,61	3,104	4,35	18,84	Cu 8
Tm2-A1203	69	3,94	2	217,61	3,077	4,32	18,95	Cu 8
Tm2-A1204	70	3,92	2	217,61	3,104	4,35	18,84	Cu 8

Tabla 43: Regulación de tensión en circuitos alimentadores de usuarios TM3

TRAMO	LONG TOTAL (m)	DEMANDA (KVA)	FASES	KG	REGULACION		CORRIENTE (A)	Conductor (THW)
					PARCIAL	TOTAL		
TRF-TGAL	5	150	3	21,1205	0,18	0,18	416,36	Cu 4/0
TGAL-TGUSUARIOS	2	47,84	3	37,37117	0,08	0,27	132,79	Cu 1/0
TGAL-TM3	45	15,34	3	38,59	0,616	0,88	42,58	Cu 1/0
Tm3-A1301	62	3,77	2	217,61	2,647	3,53	18,14	Cu 8
Tm3-A1302	73	3,92	2	217,61	3,237	4,12	18,84	Cu 8
Tm3-A1303	72	3,94	2	217,61	3,211	4,09	18,95	Cu 8
Tm3-A1304	73	3,92	2	217,61	3,237	4,12	18,84	Cu 8
Tm3-A1401	65	3,77	2	217,61	2,775	3,66	18,14	Cu 8
Tm3-A1402	76	3,92	2	217,61	3,37	4,25	18,84	Cu 8
Tm3-A1403	75	3,94	2	217,61	3,345	4,23	18,95	Cu 8
Tm3-A1404	76	3,92	2	217,61	3,37	4,25	18,84	Cu 8
Tm3-A1501	68	3,77	2	217,61	2,903	3,79	18,14	Cu 8
Tm3-A1502	79	3,92	2	217,61	3,503	4,39	18,84	Cu 8
Tm3-A1503	78	3,94	2	217,61	3,479	4,36	18,95	Cu 8
Tm3-A1504	79	3,92	2	217,61	3,503	4,39	18,84	Cu 8
Tm3-A1601	71	3,77	2	217,61	3,031	3,91	18,14	Cu 8
Tm3-A1602	82	3,92	2	217,61	3,636	4,52	18,84	Cu 8
Tm3-A1603	81	3,94	2	217,61	3,612	4,49	18,95	Cu 8
Tm3-A1604	82	3,92	2	217,61	3,636	4,52	18,84	Cu 8
Tm3-A1701	74	3,77	2	217,61	3,16	4,04	18,14	Cu 8
Tm3-A1702	85	3,92	2	217,61	3,769	4,65	18,84	Cu 8
Tm3-A1703	84	3,94	2	217,61	3,746	4,63	18,95	Cu 8
Tm3-A1704	85	3,92	2	217,61	3,769	4,65	18,84	Cu 8
Tm3-A1801	77	3,77	2	217,61	3,288	4,17	18,14	Cu 8
Tm3-A1802	88	3,92	2	217,61	3,902	4,78	18,84	Cu 8

Tabla 44: Regulación de tensión en circuitos alimentadores de servicios generales

TRAMO	LONG TOTAL (m)	DEMANDA (KVA)	FASES	KG	REGULACION		CORRIENTE (A)	Conductor (THW)
					PARCIAL	TOTAL		
TRF-TGAL	5	150	3	21,1205	0,18	0,18	416,36	Cu 4/0
TGAL-TGSC	2	109,87	3	30,70733	0,156	0,34	304,97	Cu 2/0
TGSC-TASC1	96	25	3	37,37117	2,032	2,37	85,01	Cu 1/0
TGSC-TASC2	96	25	3	37,37117	2,032	2,37	85,01	Cu 1/0

TGAL-TBI	10	112	3	30,70733	0,397	0,74	310,60	Cu 2/0
TGSC-TBC1	10	28	3	55,93171	0,181	0,52	97,06	Cu 2
TGSC-TBC2	10	28	3	55,93171	0,181	0,52	97,06	Cu 2
TGSC-TBJKEY	10	4	3	320,1421	0,138	0,48	12,94	Cu 10
TGSC-TBE	15	5,6	3	320,1421	0,3105	0,65	19,41	Cu 10
TGSC-TAC	25	7,5	3	320,1421	0,692	1,03	20,77	Cu 10
TGSC-TP	27	4,9	3	320,1421	0,489	0,83	13,59	Cu 10
TGSC-TZC	40	11,2	3	207,1611	1,072	1,41	31,07	Cu 8

4.5 SELECCIÓN DE PROTECCIONES REDES ALIMENTADORES DE BAJA TENSIÓN

Uno de los factores más importantes dentro del cálculo y diseño de las instalaciones eléctricas en general, es la correcta selección de dispositivos de protección, cuya función principal es asegurar que los conductores no alcancen temperaturas peligrosas limitando la corriente en el mismo. Por otro lado, una mala selección de estos dispositivos debido a un mal cálculo, puede poner en grave peligro a los equipos, los cuales estarían expuestos a recibir sobrecargas y corrientes de cortocircuito limitando su funcionamiento normal.

Las acometidas y los circuitos alimentadores, al igual que los circuitos ramales, deben tener protecciones termo-magnéticas, que eviten sobrecargas en el sistema y corrientes de corto circuito que puedan afectar los tableros de distribución y las cargas finales. Para el cálculo de las protecciones se considera un valor de 1.25 veces la corriente de la carga total instalada, adicionalmente los conductores para el circuito alimentador y acometidas deben soportar los valores nominales de corriente que van a transportar hacia los tableros de distribución, para ello se debe calcular la corriente y escoger el calibre del conductor (AWG) que soporte dicho flujo de corriente.

El interruptor se selecciona mediante la siguiente expresión:

$$I_{\text{nominal}} = \frac{S}{V_L} \quad (12)$$

$$I_{\text{proteccion}} = 1.25 * I_{\text{nominal}} \quad (13)$$

I_{nominal} : Corriente total en el tablero de distribución.

S : Potencia aparente demandada máxima del tablero de distribución VA

V_L : Voltaje de línea en voltio.

Las cargas como los motores que encontramos en los ascensores, bombas de agua, y aires acondicionados, al igual que los tableros de distribución deben estar protegidos

contra sobre-descarga y corrientes de corto circuito, por lo tanto la protección debe ser seleccionada, tomándose 1.25 veces la corriente nominal del motor.

Por otro lado, la bomba contra incendio es considerada una carga especial, debido a que su funcionamiento no puede ser interrumpido por las altas temperaturas que pueda percibir tanto la acometida como su protección, por lo tanto la protección para el circuito que alimenta este sistema debe ser seleccionado con la corriente de rotor bloqueado que equivale a 6.5 veces la corriente nominal de dicha carga. Adicionalmente la protección, debe ser magnética para impedir su accionamiento ante altas temperaturas.

La selección de las protecciones se puede ver en el anexo (6) diagrama unifilar.

Capítulo 5

5. REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN ACOMETIDAS DE BAJA TENSIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

La función principal de un conductor eléctrico es transportar corriente desde el punto de acometida hasta el punto final de utilización de la energía transportada. La eficiencia en la transferencia de energía depende de su oposición al flujo eléctrico.

Debido a la resistencia eléctrica, el conductor disipa, en forma de calor, parte de la energía transportada; si se aumenta el diámetro del conductor se disminuyen las pérdidas de potencia y energía, y aunque implica un incremento en el precio de la inversión inicial, se compensa con una disminución significativa del consumo irracional de energía eléctrica.

El calor que se produce en los conductores es proporcional a la potencia que se pierde en ellos. Esta aumenta con la resistencia del conductor (R) y con la intensidad de corriente al cuadrado (I^2)

$$P_{\text{disipada}} = I^2 * R \quad (14)$$

Dado que la resistencia eléctrica del conductor depende de su sección transversal, si se quiere conseguir pérdidas de potencia inferiores, se debe aumentar considerablemente el calibre del conductor.

5.2 CARACTERIZACIÓN DE ACOMETIDAS Y ALIMENTADORES EN BAJA TENSIÓN

De acuerdo al análisis realizado en cada uno de los tramos se determinó que las acometidas y los circuitos alimentadores que poseen mayor demanda energética son:

Acometidas:

- *TFR-TGAL*: Transformador al tablero general en baja tensión.

Circuitos alimentadores:

- *TGAL-TM1*: Tablero general en baja tensión a tablero de medidores 1.
- *TGAL-TM2*: Tablero general en baja tensión a tablero de medidores 2.
- *TGAL-TM3*: Tablero general en baja tensión a tablero de medidores 3.
- *TGAL-TASC 1*: Tablero general en baja tensión a tablero de ascensores 1.
- *TGAL-TASC 2*: Tablero general en baja tensión a tablero de ascensores 2.
- *TGAL-TBC1*: Tablero general en baja tensión a tablero de bomba de agua 1.

- *TGAL- TBC2*: Tablero general en baja tensión a tablero de bomba de agua 2.
- *TGAL-TBE*: Tablero general en baja tensión a tablero de bomba eyectora.
- *TGAL-TAC*: Tablero general en baja tensión a tablero de alumbrado comunal.
- *TGAL-TP*: Tablero general en baja tensión a tablero de portería.
- *TGAL-TZC*: Tablero general en baja tensión a tablero de zonas comunes.
-

A continuación se muestra la tabla (46) con los parámetros de cada tramo teniendo en cuenta el cálculo de corriente y la selección del conductor para cada circuito en el capítulo 2.

Tabla 45: Parametrización de conductores en acometidas y alimentadores- diseño actual

POTENCIA TRANSFORMADOR (KVA)					150
ESTRATO SOCIAL					4
Tramo	Longitud (m)	I_{max} (A)	Calibre AWG	# de conductores	Resistencia Ω/km
<i>TRF-TGAL</i>	5	416,36	Cu 4/0	2	0,164
<i>TGAL-TM1</i>	45	45,11	Cu 2	1	0,659
<i>TGAL-TM2</i>	45	45,11	Cu 2	1	0,659
<i>TGAL-TM3</i>	45	42,58	Cu 1/0	1	0,328
<i>TGAL-TASC1</i>	96	85,01	Cu 1/0	1	0,328
<i>TGAL-TASC2</i>	96	85,01	Cu 1/0	1	0,328
<i>TGAL-TBC1</i>	10	97,06	Cu 2	1	0,659
<i>TGAL-TBC2</i>	10	97,06	Cu 2	1	0,659
<i>TGAL-TBE</i>	15	19,41	Cu 10	1	3,35
<i>TGAL-TAC</i>	25	20,77	Cu 10	1	3,35
<i>TGAL-TP</i>	27	13,59	Cu 10	1	3,35
<i>TGAL-TZC</i>	40	31,07	Cu 8	1	2,1

Las pérdidas de potencia y energía calculadas a continuación se basan en la curva de demanda diaria para el sector residencial estrato 4, se muestra en la figura (11).

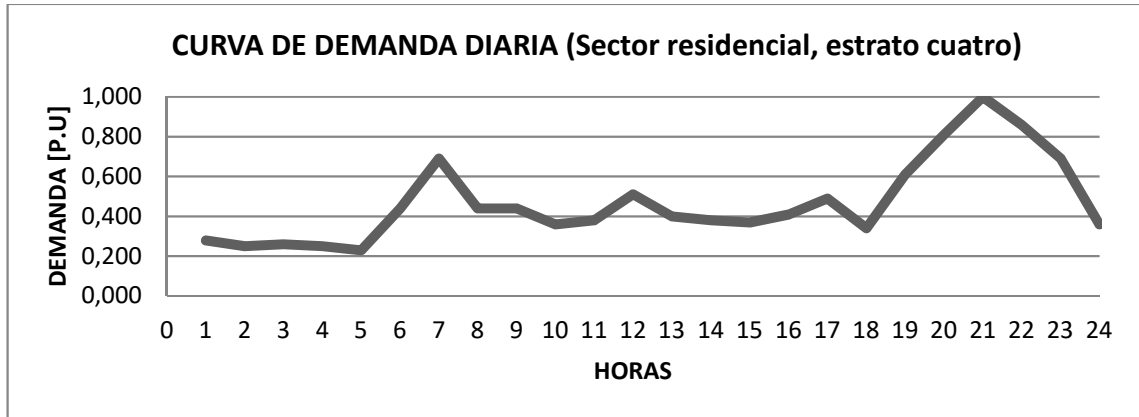


Figura 11: Curva de demanda diaria del sector residencial estrato 4.

5.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA

El cálculo de las pérdidas de potencia en los tramos comprendidos, entre bornes de transformador hasta el barraje principal del tablero general de baja tensión, y de este TGBT hasta cada uno de los paneles de distribución se calculan mediante la siguiente fórmula, para cada hora del día:

$$P_{\text{disipada}} = (I * D)^2 * (N_{\text{fases}} * L * R) \quad (15)$$

- I : Corriente transportada por el conductor en Amperios
 D : Factor de demanda horario en P-U, para estrato 4°
 N_{fases} : Numero de fases por conductor/es
 L : Longitud del tramo en metros
 R : Resistencia eléctrica del conductor en Ω /metro

Posteriormente, se realiza la sumatoria de la potencia disipada en cada tramo por hora:

$$\sum P_{\text{disipada}} * [(TRF_TGAL) + (TGA_TM1) + (TGAL_TM2) + (TGAL_TM3) + (TGAL_TASC1) + (TGAL_TASC2) + (TGAL_TBC1) + (TGAL_TBC2) + (TGAL_TBE) + (TGAL_TAC) + (TGAL_TP) + (TGAL_TZC)]$$

Para hallar el porcentaje de potencia disipada por hora, es necesario calcular previamente el consumo en cada hora, el cual está dado por la siguiente expresión:

$$\text{Consumoporhora} = D_{\text{máx}} * F_p * \text{Factordemanda(paracadahora)} * 1000$$

Tabla 46: Pérdidas de potencia hora a hora.

Hora	Factor de Demanda	Total Potencia Disipada	consumo max w-h	% pérdidas
1	0,280	273,73	37800	0,72%

2	0,250	218,21	33750	0,65%
3	0,260	236,02	35100	0,67%
4	0,250	218,21	33750	0,65%
5	0,230	184,70	31050	0,59%
6	0,440	675,94	59400	1,14%
7	0,690	1662,26	93150	1,78%
8	0,440	675,94	59400	1,14%
9	0,440	675,94	59400	1,14%
10	0,360	452,49	48600	0,93%
11	0,380	504,16	51300	0,98%
12	0,510	908,12	68850	1,32%
13	0,400	558,63	54000	1,03%
14	0,380	504,16	51300	0,98%
15	0,370	477,97	49950	0,96%
16	0,410	586,91	55350	1,06%
17	0,490	838,29	66150	1,27%
18	0,340	403,61	45900	0,88%
19	0,610	1299,16	82350	1,58%
20	0,810	2290,72	109350	2,09%
21	1,000	3491,42	135000	2,59%
22	0,860	2582,25	116100	2,22%
23	0,690	1662,26	93150	1,78%
24	0,360	452,49	48600	0,93%
Total		21833,57	1518750	

El porcentaje de pérdidas corresponde al valor máximo que se presente en alguna hora del día, para esto se utiliza la siguiente expresión en cada hora:

$$\% \text{ Pérdidas potencia} = \left(P \cdot \frac{\text{disipada}}{\text{consumo}} \right) * 100 \quad (16)$$

$$\% \text{ Pérdidas potencia} = 2.59\%$$

NOTA:

La corriente, longitud, resistencia eléctrica y el número de conductores de cada tramo se toman de la tabla (46) y el factor de demanda está dado por la curva de demanda diaria en P-U mostrada en la figura 11.

Las pérdidas máximas de potencia para redes de baja tensión según la norma ESSA numeral 2.1.5 debe ser de 5.5%.

5.4 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA

Después de obtenerse el cálculo de las pérdidas de potencia se realiza la sumatoria de cada una para obtener las pérdidas totales de energía diaria.

$$E_{\text{disipada}} = \sum_1^{24} P_{\text{disipada}} \quad (17)$$

E_{disipada} : Pérdidas de energía o energía disipada en $\frac{W \cdot h}{\text{Día}}$

P_{disipada} : Potencia disipada en los conductores en w.

$$\% \text{ Pérdidas energía} = \frac{\text{Total energía disipada}}{\text{Total consumo}} \quad (18)$$

$$\% \text{ Pérdidas energía} = \frac{21833,57}{1518750} * 100 = 1.44\%$$

NOTA:

Las pérdidas máximas de energía para redes de baja tensión según la norma ESSA numeral 2.1.5 debe ser de 4.9%.

5.5 SELECCIÓN DE CONDUCTORES PARA HACER MÁS EFICIENTE LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA

Un conductor se elige de acuerdo al cálculo de regulación de tensión como se mostró en el capítulo 2, y se verifica por la corriente nominal que transporta; en la mayoría de los casos los conductores cumplen la regulación y la corriente nominal, pero su transferencia de energía no es la más eficiente. A continuación se presenta una recomendación para disminuir las pérdidas por efecto *Joule* en el conjunto de conductores que alimentan las cargas de la tabla (46), aumentando el calibre de los mismos como se muestra en la tabla (48).

Evaluación:

Se compara el diseño actual con una recomendación para mejorar el sistema de conductores, se evalúan los mismos tramos, con la misma longitud y la misma corriente, pero se aumenta el calibre de los conductores lo que representa un aumento en la eficiencia de la energía transferida a la carga final.

Tabla 47: Parametrización de conductores en acometidas y alimentadores, diseño mejorado

POTENCIA TRANSFORMADOR (KVA)					150
ESTRATO SOCIAL					4
Tramo	Longitud (m)	I _{max} (A)	Calibre AWG	# de conductores	Resistencia Ω/km

TRF-TGAL	5	416,36	Cu 500	2	0,0965
TGUSUARIOS-TM1	45	45,11	Cu 2/0	1	0,261
TGUSUARIOS-TM2	45	45,11	Cu 2/0	1	0,261
TGAL-TM3	45	42,58	Cu 3/0	1	0,207
TGSC-TASC1	96	85,01	Cu 2/0	1	0,261
TGSC-TASC2	96	85,01	Cu 2/0	1	0,261
TGAL-TBI	10	310,60	Cu 2/0	2	0,261
TGSC-TBC1	10	97,06	Cu 2/0	1	0,261
TGSC-TBC2	10	97,06	Cu 2/0	1	0,261
TGSC-TBE	15	19,41	Cu 8	1	2,1
TGSC-TAC	25	20,77	Cu 6	1	1,32
TGSC-TP	27	13,59	Cu 8	1	2,1
TGSC-TZC	40	31,07	Cu 8	1	2,1

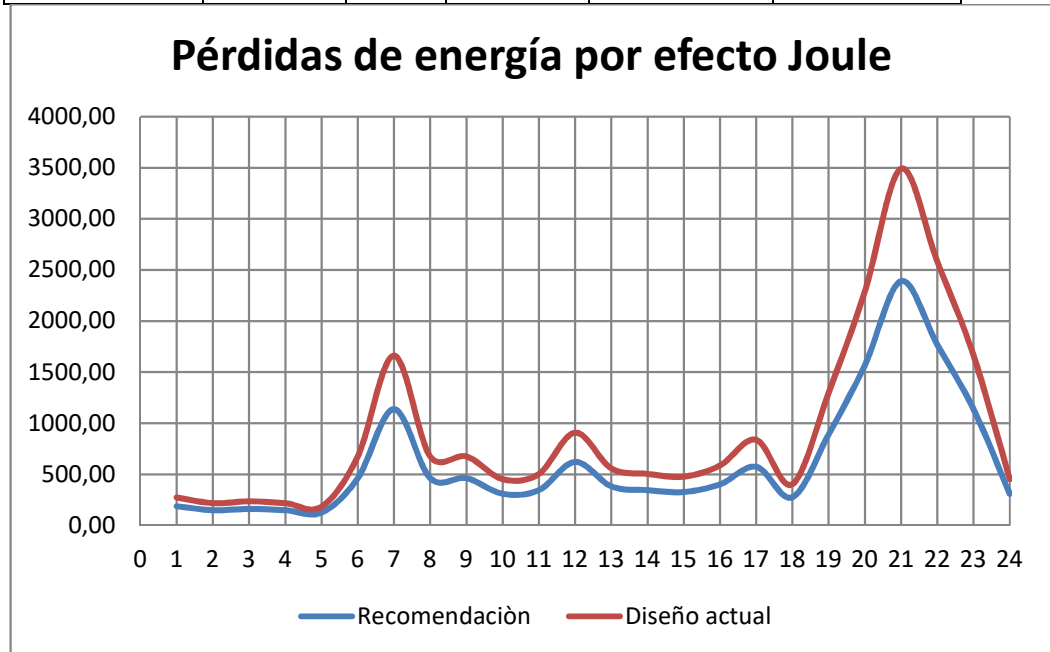


Figura 12: Comparación de pérdidas de energía.

Tabla 48: Comparación de pérdidas.

Comparación		
Descripción	Diseño actual	Recomendación
% Pérdidas de potencia	3%	1,691%
% Pérdidas de energía	1,44%	0,940%
Pérdidas de energía (Wh)	21833,57	14275,03

El ahorro de energía es de:

Día: 7558,54 Wh /día

Mes: 226756,18 Wh/mes

Año: 2758866,87 Wh/año

Ahorro Financiero:

2758,8668 kWh/año

354,4275 \$/kWh

977818,263 \$/año

Capítulo 6

6. DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE APLICADO A ZONAS COMUNES

6.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, no es un secreto que gran parte de los altos consumos de energía eléctrica en edificios residenciales estén relacionados a la inapropiada selección de equipos de iluminación que tienen como función principal iluminar las áreas comunes como por ejemplo: pasillos, escaleras, áreas de circulación en parqueaderos, baños, salones sociales, entre otros. Adicionalmente, otro factor que incrementa el consumo energético total del inmueble está vinculado con el sistema que controla la iluminación instalada en las zonas comunes, la cual puede ser controlada ya sea por medio de interruptores manuales, o por medio de sensores o sistemas de control automáticos los cuales están programados para actuar cuando perciben una señal. El siguiente capítulo se enfoca en la selección y el cálculo de luminarias para distintos espacios comunales del proyecto Torre Centro, respetando ante todo la normatividad RETILAP, e implementando sistemas de control para garantizar el uso racional de la energía (URE), exigido por el ministerio de minas y energía.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ESPACIOS A ILUMINAR.

Dentro del alcance de este capítulo, se realizará el cálculo y selección de luminarias para los espacios comunes que comprende la planta sótano, la planta primera, planta segunda, planta tercera, zonas sociales de la planta 4 y los puntos fijos de todos los niveles del edificio Torre Centro, a continuación se presentan las dimensiones:

Tabla 49. Dimensiones de espacios a iluminar.

DIMENSIONES DE LAS PLANTAS		
Descripción	Área (m²)	Altura (m)
<i>Planta sótano</i>	695	2,5
<i>Planta primera</i>	695	2,5
<i>Planta segunda</i>	695	2,5
<i>Planta tercera</i>	695	2,5
<i>Planta cuarta</i>	695	2,5
<i>Puntos fijos</i>	1134	2,5

En la planta sótano, se encuentran ubicados los espacios correspondientes a la caceta de subestación, el cuarto de la planta de emergencia y tablero general, 15 parqueaderos incluyendo el área de circulación, escaleras y 5 depósitos.

En la planta primera, se encuentra el acceso, un porche, el lobby, hall, potería, administración, baños, escaleras, parqueaderos y área de circulación entre parqueaderos.

En la planta segunda, están ubicados más espacios para parqueaderos, cuarto de basuras, escaleras, áreas de circulación, depósitos. En la planta tercera, se encuentran espacios para parqueo, escaleras, pasillos, áreas de circulación entre parqueaderos, entre otros.

En la planta cuarta se encuentran las áreas de uso social, como son salón social, gimnasio, juegos infantiles, parque jardín, piscina, saunas, baños, pasillos, escaleras entre otros. Finalmente los puntos fijos de la planta quinta hasta la planta 22 en los cuales se encuentran ubicados tanto las escaleras como los pasillos, guiando el camino hacia los apartamentos, ver anexo (7).

6.3 NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN SEGÚN RETILAP (REGLAMENTO TECNICO DE ILUMINACION Y ALUMBRADO PÚBLICO).

Para determinar los niveles de iluminación adecuados para una instalación, hay que saber cuál es la actividad que se va a realizar en ese espacio, dónde no existe usuario estándar, y tampoco valoraciones objetivas.

El RETILAP contempla los niveles mínimos de iluminación según la actividad entre los cuales podemos resaltar:

Tabla 50. Niveles de iluminación mínima según la actividad desarrollada.

TAREAS Y CLASES DE LOCAL	NIVELES DE ILUMINACIÓN		
	Mínimo	Medio	Máximo
ÁREAS GENERALES EN LAS CONSTRUCCIONES			
Zonas de circulación, pasillos.	50	100	150

Escaleras, escaleras móviles, vestidores, baños, almacenes, bodegas.	100	150	200
CENTROS DOCENTES			
Aulas, laboratorios, salas de conferencias, bancos de demostración, salas de artes, talleres	300	500	750
OFICINAS			
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación, salas de conferencia.	300	500	750
Oficinas abiertas, oficinas de dibujo	500	750	1000
VIVIENDA			
Dormitorios, cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

6.4 CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE ILUMINACIÓN.

Los equipos de iluminación basan su funcionamiento en la generación controlada de la luz, aprovechando algunos fenómenos de termo-radiación y luminiscencia que pueden lograrse dentro de las unidades de iluminación conocidas como lámparas.

En la tabla (52) se presentan las principales fuentes de luz artificial con algunas de sus características.

Tabla 51. Tipos de iluminación artificial y características.

Tipo	Eficiencia (Lm/W)	Rendimiento de Color	Especificaciones
Incandescente	17-23	Bueno	Es el más utilizado, pero es el menos eficiente. El costo de la lámpara es bajo. La vida útil de la lámpara es menos de un año.
Fluorescente	50-80	De aceptable a bueno	La eficiencia y el rendimiento de color varían considerablemente con el tipo de lámpara. Con lámparas y balastos de alta eficiencia es posible reducir el consumo de energía.
De mercurio	50-55	De muy deficiente a aceptable	Tienen una larga vida útil (entre 9 y 12 años), pero su eficiencia decrece con el tiempo.
De haluro metálico	80-90	De aceptable a moderado	El rendimiento del color es adecuado para muchas aplicaciones. Normalmente la Vida útil es de 1 a 3 años.
De sodio de alta presión	85-125	Aceptable	Es muy eficiente. Tiene un vida útil de 4 a 5 años con un promedio de encendido de 12 horas al día.
De sodio de baja presión	100-180	Deficiente	Es muy eficiente. Tiene una vida útil de 4 a 5 años con un promedio de encendido de 12 horas al día.
LED	65-95	Bueno	Son las más eficientes. Tienen una vida útil

			de 5 a 6 años. Poseen una baja emisión de calor se emplean para la iluminación de espacios grandes o para una sección puntual.
--	--	--	--

Clasificación energética de lámparas domésticas:

Las lámparas de aplicación doméstica deben disponer de la etiqueta de energía (Energy Label); la cual muestra una clasificación de siete diferentes clases de eficiencia energética de las lámparas para el uso doméstico, en la cual la clase A es “la más eficiente” y G “la menos eficiente”.

El cálculo para la clasificación de la eficiencia energética se realiza según las pautas marcadas de los valores medidos del flujo luminoso y de la potencia de la lámpara. El procedimiento está descrito en la norma DIN EN 50285 “Eficiencia energética de lámparas eléctricas para el uso doméstico, procedimiento de medición”, esta norma incluye referencias a las normas de la lámpara correspondiente.

Lámparas que cumplen con los requisitos de la norma.

En las siguientes lámparas se puede encontrar la etiqueta energética:

- Lámparas incandescentes ≤ 200 W.
- Otras lámparas incandescentes sin reflector (Vela, Adorno, etc.) ≤ 100 W.
- Lámparas fluorescentes compactadas con balasto integrado (electrónico o magnético) todas.
- Lámparas fluorescentes forma tubular 16, 26 y 38 mm (T5, T8, T12) ≤ 58 W ó ≤ 6500 lm.
- Lámparas fluorescentes en forma circular o cuadrada todas.
- Lámparas halógenas de un casquillo a tensión de red todas.
- Lámparas halógenas de dos casquillos ≤ 300 W.



Figura 13: Niveles de calificación energética.

Ejemplos:

- Lámparas fluorescentes, lámparas ahorradoras de energía y LED: Clases A y B.
- Lámparas halógenas: la mayoría de las clases C y D.
- Lámparas incandescentes: la mayoría está en la clase E y F.

6.5 SELECCIÓN DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN

Para realizar el diseño de los equipos de iluminación se tuvieron en cuenta los criterios dados por el RETILAP entre los cuales se encuentran:

- ❖ Conocer con detalles las actividades asociadas con cada espacio.
- ❖ Las condiciones de reflexión de la superficie.
- ❖ Los niveles de iluminancia o uniformidad requeridas.
- ❖ Las propiedades de las fuentes y luminarias.

A continuación se desarrolla cada criterio por área con las consideraciones que se asumió en cada una.

Áreas a intervenir:

Sótanos, portería y recepción, puntos fijos, zonas sociales.

Actividades asociadas con cada espacio a intervenir

- ❖ **Sótanos:** áreas de circulación de los parqueaderos (escaleras y pasillos), las cuales se encuentran en los niveles inferiores de la estructura, por tal motivo en todo momento posee un gran nivel de oscuridad debido a la ausencia de luz natural, que hace necesario el uso de una fuente de luz artificial.
- ❖ **Portería y recepción:** en este espacio se encuentran los puestos de trabajo de los funcionarios del edificio y una sala de recepción para los visitantes.
- ❖ **Puntos fijos:** espacios de conexión dentro del edificio, los cuales presentan un flujo constante de personas en el día.
- ❖ **Zonas sociales:** formada por gimnasio, salón de juegos, salón social; los cuales presentan concentración de varias personas a la vez, durante largo lapsos de tiempo.
- ❖ **Apartamentos:** espacios residenciales del edificio; entre los cuales existentes cuatro tipos, que varían de acuerdo al área su distribución.

Los niveles de iluminancia o uniformidad requeridas.

La iluminación mínima exigida por la reglamentación dada en el RETILAP, y la eficiencia de los equipos se muestra en la tabla (53), para zonas residenciales, las cuales se adaptan a cada área intervenida; a partir de la cual se escogieron las fuentes de iluminación para cada una con sus respectivas cantidades, características, entre otros como se aprecia en la tabla (54).

Tabla 52. Caracterización de equipos seleccionados

Descripción	Cantidad (unidades)	Potencia (W)
Tubo LED (para parqueaderos, sótanos)	44	20
Panel redondo LED (zonas sociales)	17	18
Panel rectangular LED (zonas sociales y portería)	9	33
Panel redondo LED (zonas sociales y puntos fijos)	220	10
Balas LED para Apartamentos	805	10

Las condiciones de reflexión de la superficie.

Condiciones de reflexión: los valores se dan de acuerdo a los acabados del área a intervenir, el material del piso, el color y textura tanto de paredes como inmobiliario y techo dentro de los cuales se pueden escoger los siguientes índices de reflexión:

- ❖ Techo estándar: 80%
- ❖ Paredes estándar: 50%
- ❖ Piso estándar: 20%

Las propiedades de las fuentes y luminarias.

Panel redondo LED 18W:

Tabla 53. Especificaciones técnicas panel redondo LED 18W.

Potencia	Reemplazo aproximado	Lúmenes (Lm)	Eficacia Lm/W	Vida útil Hrs	Dimensiones	Clasificación energética
18W	150W	1260	75	35000	8"x19mm	A
Datos eléctricos				Otros lumínicos		
Factor de Potencia	Armónicos	Voltaje	Temperatura de operación	IRC	Temperatura de color	Ángulo de apertura
>95%	THD <12%	100-240VCA	-30 a 65 °C	>85Ra	2700K 6400K	120°
Características						
Protección	Funcionamiento con sensor de presencia		Tipo de LED	Dimerización		Acabado
IP44	Si, sensor adicional		SMD	Si, Dispositivo de atenuación adicional		Blanco frost



Figura 14: Panel redondo LED 18W.

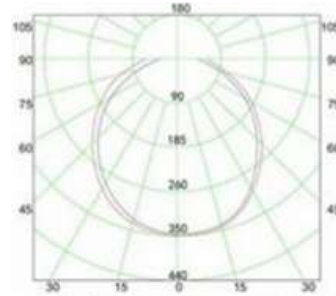


Figura 15: Curva polar panel redondo LED 18W

Panel redondo LED 10W

Tabla 54. Especificaciones técnicas panel redondo LED 10W

Potencia	Reemplazo aproximado	Lúmenes (Lm)	Eficacia Lm/W	Vida útil Hrs	Dimensiones	Clasificación energética
10W	100W	728	75	35000	6"x19mm	A
Datos eléctricos				Otros lumínicos		
Factor de Potencia	Armónicos	Voltaje	Temperatura de operación	IRC	Temperatura de color	Ángulo de apertura
>95%	THD <12%	100-240VCA	-30 a 65 °C	>85Ra	2700K 6400K	120°
Características						
Protección	Funcionamiento con sensor de presencia	Tipo de LED	Dimerización	Acabado		
IP44	Si, sensor adicional	SMD	Si, Dispositivo de atenuación adicional	Blanco frost		



Figura 16: Panel redondo LED 10W

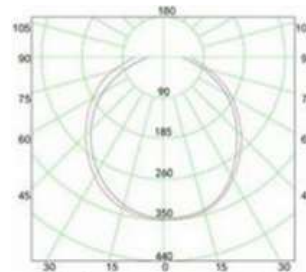


Figura 17: Curva polar panel redondo LED 10W.

Panel rectangular LED 33W:

Tabla 55. Especificaciones técnicas panel rectangular LED 33W.

Potencia	Reemplazo aproximado	Lúmenes (Lm)	Eficacia Lm/W	Vida útil Hrs	# LEDs	Dimensiones	Clasificación energética
33W	Lámpara de 60x60 CM 4xT5 y 4xT8	3840	80	35000		60x60cm	A

Datos eléctricos				Otros lumínicos		
Factor de Potencia	Armónicos	Voltaje	Temperatura de operación	IRC	Temperatura de color	Ángulo de apertura
>95%	THD <12%	100-240VCA	-20 a 45 °C	>80Ra	2700K 6400K	120°
Características						
Protección	Funcionamiento con sensor de presencia		Tipo de LED	Dimerización		
IP44	Si, sensor adicional		SMD	Si, Dispositivo de atenuación adicional		

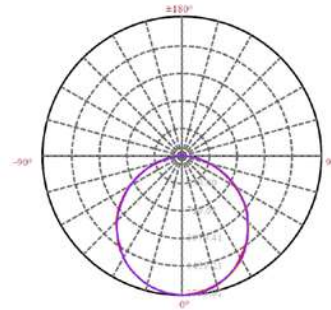


Figura 18: Panel rectangular LED 33W Figura 19: Curva polar panel rectangular LED 33W.

Tubo LED para parqueadero:

Tabla 56. Especificaciones técnicas tubo LED 20W.

Potencia	Reemplazo aproximado	Lúmenes (Lm)	Eficacia Lm/W	Vida útil Hrs	Dimensiones	Clasificación energética
20W	Tubos fluorescentes T8 de 36W	2200	110	50000	1200x26mm	A
Datos eléctricos				Otros lumínicos		
Factor de Potencia	Armónicos	Voltaje	Temperatura de operación	IRC	Temperatura de color	Ángulo de apertura
>95%	THD <12%	100-240VCA	-20 a 40 °C	>80Ra	2700K 4000K	120°
Características						
Protección	Funcionamiento con sensor de presencia		Tipo de LED	Dimerización		
IP44	Si, sensor adicional		SMD	Si, Dispositivo de atenuación adicional		



Figura 20: Tubo LED 20W

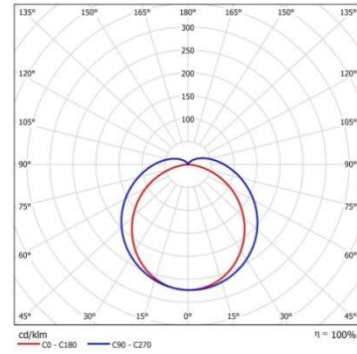


Figura 21: Curva polar Tubo LED 20W

Bala LED para apartamentos

Tabla 57. Especificaciones técnicas bala LED 10W

Potencia	Reemplazo aproximado	Lúmenes (Lm)	Eficacia Lm/W	Vida útil Hrs	Dimensiones	Clasificación energética
10W	105W	1000	100	50000	Diámetro: 16,2cm Fondo: 7,5cm	A
Datos eléctricos				Otros lumínicos		
Factor de Potencia	Armónicos	Voltaje	Temperatura de operación	IRC	Temperatura de color	Ángulo de apertura
>90-95%	THD <10-12%	100-240VCA	-20 a 50 °C	>80Ra	3700K 6500K	120°



Figura 22: Bala LED 10W.

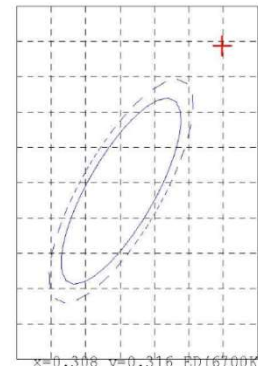


Figura 23: Curva polar bala LED 10W

6.6 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EN CADA ÁREA UTILIZANDO DIALUX.

El diseño de los sistemas de iluminación, se realizó por medio del software DIALUX; el cual permite ingresar la información fotométrica de las fuentes, e igualmente permite crear e

ingresar el diseño arquitectónico, obteniendo por medio de él, cálculos de iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, entre otros.

A continuación se muestran los resultados obtenidos

Sótanos:

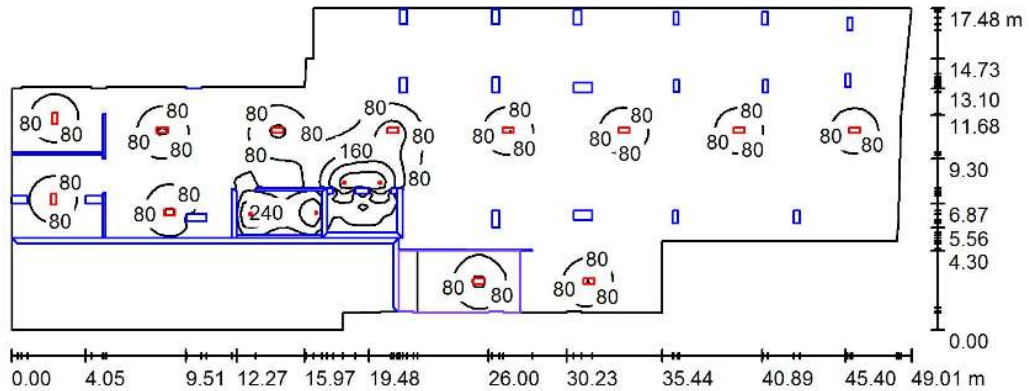


Figura 24: Distribución de la Iluminación en la planta sótano (DIALUX).

En esta área la distribución de iluminación se realizó con tubos LED de 20W, como se referencia en la tabla (57).

Portería y recepción:

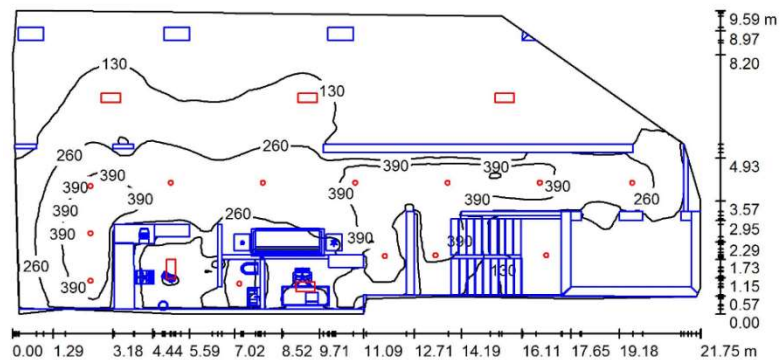


Figura 25: Distribución de la Iluminación en la portería y recepción (DIALUX).

Puntos fijos y apartamentos:

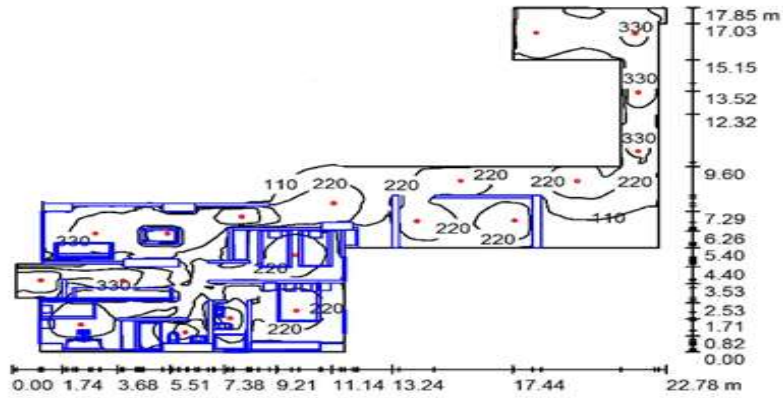


Figura 26: Distribución de la Iluminación en los puntos fijos y apartamentos (DIALUX).

Zonas sociales:

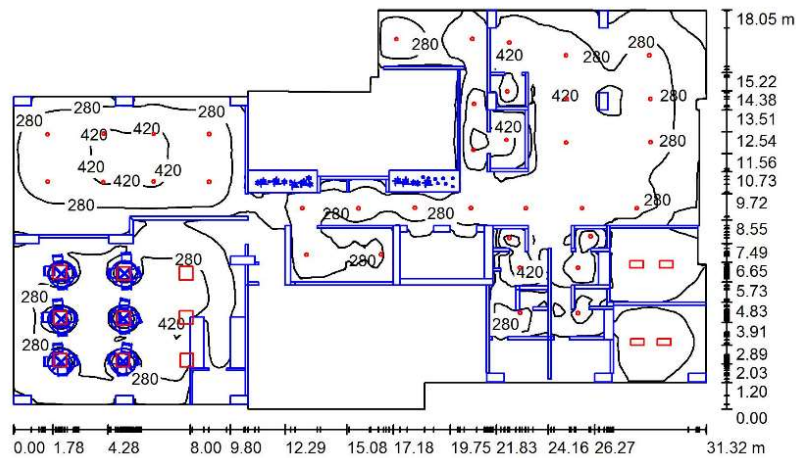


Figura 27: Distribución de la Iluminación en las zonas sociales (DIALUX).

6.7 CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN CONTROLADO POR SENSORES DE MOVIMIENTO.

El cálculo del consumo energético se realiza por medio de una comparación del sistema con uso de sensores y sin sensores en el área de sótanos y en la de puntos fijos, se asume que la fuente de luz en ambos casos es la misma; los resultados obtenidos en esta evaluación se muestran en las tablas (59) y (60) y en las figuras 28 y 29.

Tabla 58. Ahorro de energía – sótano

Ahorro de energía sótano	
Día Wh/día	5164,02
Mes Wh/mes	154920,6
Año Wh/año	1884867,3

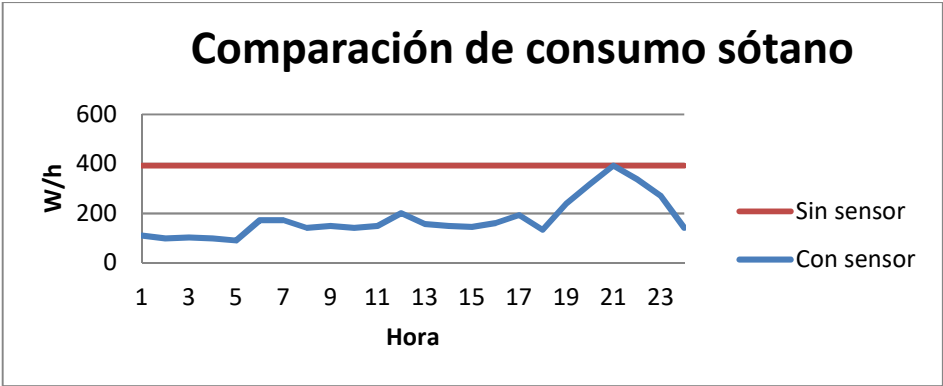


Figura 28: Consumo de energía diario con sensor y sin sensor - sótano.

Tabla 59. Ahorro de energía – puntos fijos

Ahorro de energía puntos fijos	
Día wh/día	7240,019112
Mes wh/mes	224440,5925
Año wh/año	2693287,11

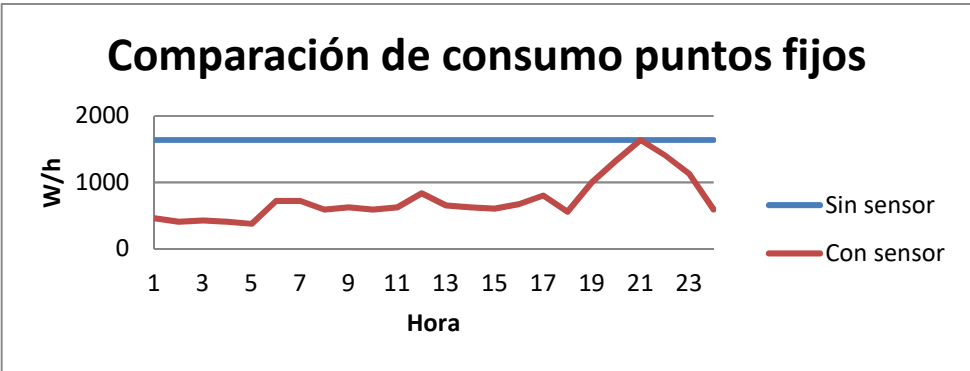


Figura 29: Consumo de energía diario con sensor y sin sensor – puntos fijos.

Capítulo 7

7. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL A PARTIR DE TUBOS SOLARES

7.1 RECURSO SOLAR DISPONIBLE

La irradiación Solar, es la potencia de la radiación solar por unidad de superficie. Se expresa en W/m². Un día bueno del verano la irradiación puede alcanzar valores de 7kWh/m². Para realizar el diseño del sistema de tubos solares, es de vital importancia saber los datos del recurso solar disponible en la zona de desarrollo del proyecto.

Idealmente, estos datos deberían ser tomados en base a mediciones propias hechas con los equipos de medición necesarios durante un periodo considerable de tiempo (mínimo 6 meses) para un dimensionamiento adecuado del sistema. Pero, debido a que realizar estas mediciones puede aplazar considerablemente el tiempo de ejecución de un proyecto, se puede recurrir a bases de datos ya establecidas a nivel mundial, y por organismos confiables. La NASA de Estados Unidos, y el RETScreen de Canadá, poseen una base de datos abierta a todo público, que reúne datos meteorológicos de cualquier punto del mundo, y que comprenden variables como Irradiación Global, Temperatura ambiente, velocidad de viento y humedad relativa, que podemos utilizar como punto de partida para realizar el dimensionamiento de una forma rápida y confiable. Con base datos suministrados de la ciudad de Bucaramanga se obtienen los datos de irradiación promedio mensual.

Tabla 60. Datos climáticos de Bucaramanga

	Irradiación Global	Irradiación Difusa	Temperatura Amb.	Vel. de Viento
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	m/s
Enero	165.54	52.4	23.3	2.0
Febrero	149.52	54.9	24.7	1.9
Marzo	163.7	68.2	24.5	1.7
Abril	148.8	69.3	23.7	1.6
Mayo	155.3	68.2	23.2	1.6
Junio	154.9	62.7	23.1	1.8
Julio	172.7	62.9	23.4	1.8
Agosto	172.0	66.6	23.6	1.6
Septiembre	158.1	66.6	23.0	1.5
Octubre	148.8	65.1	22.4	1.5
Noviembre	141.6	57.0	22.3	1.5
Diciembre	150.7	53.6	22.4	1.9
Promedio Anual	1881.5	747.6	23.3	1.7

7.2 APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL (410.2 RETILAP)

Para disminuir el consumo de energías comerciales asociadas al alumbrado, en toda construcción que requiera iluminación para desarrollar cualquier tipo de actividad, se debe utilizar hasta donde sea posible la luz natural proporcionada por la energía radiante del sol, la cual está disponible a lo largo del día en forma directa o a través de la cúpula celeste.

Los diseños de la iluminación de interiores, las ventanas deben cumplir los siguientes objetivos:

- ❖ Maximizar la transmisión de luz por unidad de área de vidrio en la ventana.
- ❖ Controlar la penetración de luz directa del sol sobre el plano de trabajo.
- ❖ Controlar el contraste de claridad dentro del campo visual de los ocupantes, especialmente entre las ventanas y las paredes del local.
- ❖ Minimizar el efecto de reducción del ingreso de la intensidad luminosa debido al ángulo de incidencia de la luz (efecto de reducción por coseno). Esto significa que ventanales ubicados en la parte alta de los muros producen más iluminancia que unos ventanales más bajos, aunque sean de la misma área.
- ❖ Minimizar el deslumbramiento de velo sobre los planos de trabajo, resultante de la visión directa de la fuente de luz en los ventanales superiores.
- ❖ Minimizar el calor diurno durante los días soleados, usando aleros o parasoles.

7.3 ILUMINACIÓN CON TUBOS SOLARES PARA LA PLANTA 22 DEL EDIFICIO TORRE CENTRO

Con el fin de reducir el consumo energético por iluminación artificial, y analizar el impacto, se diseñó un sistema de iluminación natural a partir de la utilización de tubos solares ubicado en la cubierta número 22 del edificio Torre Centro. El proyecto cuenta con un total de 19 tubos solares, distribuidos de tal manera como se muestra en el anexo (7). En total se generará un ahorro energético de 328.5 kwh/año al considerar un aporte importante de iluminación desde las 10:00 am hasta las 4:00 pm, cumpliendo con los niveles mínimos de iluminación exigidos por el RETILAP explicados anteriormente.

Descripción de las áreas de influencia (edificio calle 35-21)

Planos de las áreas de influencia del diseño de los tubos solares.

Parámetros Generales: Para el dimensionamiento del sistema de iluminación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ El área de influencia del proyecto: el último piso del edificio de acuerdo al tipo de actividad que se desarrolle, el cual puede estar destinado para trabajos de oficina, o zonas sociales del edificio
- ❖ Condiciones de reflexión: los valores se dan de acuerdo a los acabados del área a intervenir, el material del piso, el color y textura tanto de paredes como inmobiliario y techo, dentro de los cuales se pueden escoger los siguientes índices de reflexión:
 - ✓ Techo estándar: 80%
 - ✓ Paredes estándar: 50%
 - ✓ Piso estándar: 20%
- ❖ Niveles de iluminancia e uniformidad requerida: para este tipo de instalaciones los niveles de iluminancia deben estar entre 90 y 300 lux para que no se vean afectadas las actividades que se desarrollan allí RETILAP.
- ❖ Aprovechamiento de luz natural: Es el parámetro más importante del diseño ya que de él depende la iluminación durante el día, esto se realiza mediante la utilización de tubos solares en su máxima capacidad, teniendo en cuenta el marco regulatorio para este tipo de sistemas (RETILAP), el “coeficiente de luz diurna” (CLD) es de suma importancia ya que cuantifica todos los efectos del exterior y del interior en la iluminancia de un punto interior considerado.
- ❖ Control de deslumbramiento: la reflexión producida por agentes externos a la instalación como por ejemplo, fuentes con mayor luminancia en relación a la general la cuales se reflejan por el brillo o el material de las paredes y los pisos, para mitigar este problema se utilizan elementos como: lente de fresnel y difusores prismáticos, con los cuales se logra una difusión de la luz disminuyendo el efecto.

Descripción del diseño

A continuación, se muestran las tablas (62), (63) y (64), y en la figura (30) la descripción y resultados del sistema de iluminación natural utilizando tubos solares en cada apartamento tipo de la planta 22.

Nivel de iluminación natural apartamento tipo A y B

La figura (30) muestra la distribución de los niveles de iluminación en cada espacio comprendido por cada apartamento tipo A y B de la planta 22, satisfaciendo los niveles mínimos de iluminación para desarrollar las actividades específicas en cada espacio. Es importante mencionar que adicionalmente a los tubos solares, se tuvo en cuenta un sistema de iluminación artificial a partir de balas LED de 9 y 10 W respectivamente para cada espacio, debido a las variaciones de la iluminación natural durante las horas de la mañana y horas finales de la tarde. Este sistema será controlado a partir de interruptores manuales instalados a alturas determinadas en las paredes de los espacios en particular.

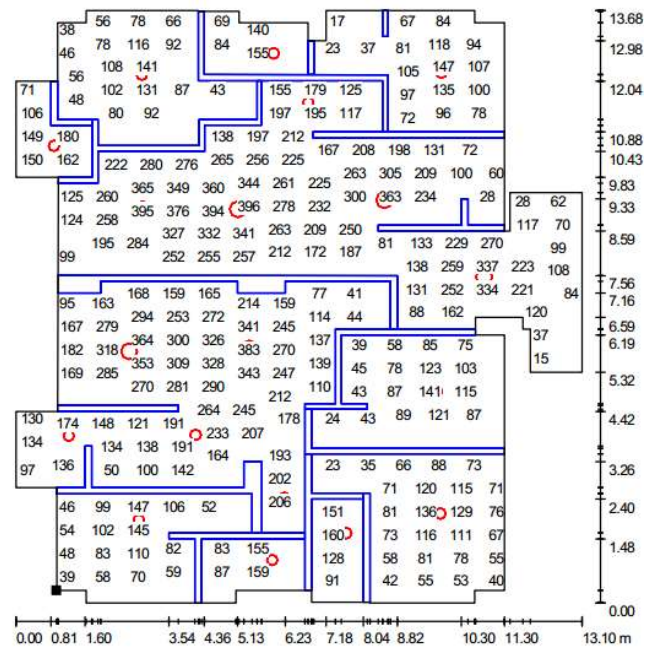


Figura 30: Distribución de la Iluminación natural apartamentos tipo A y B (DIALUX)

Notas:

- Estos niveles de iluminación consideran la eficiencia global de cada uno de los sistemas, el cual depende del diámetro del sistema.
- El nivel de iluminación del interior depende del flujo luminoso al difusor, dividido por la superficie del cuarto a iluminar.
- Este diseño considera un nivel de iluminación natural exterior de 52300 lux
- Valores en Lux, Escala 1:176
- Altura del local: 2,5 m
- Altura de montaje: 2,5 m
- Factor de mantenimiento: 0,9

Descripción de superficies

Tabla 61. Niveles de iluminación de las superficies.

Superficie	P (%)	E_m (lx)	E_{min} (lx)	E_{max} (lx)	E_{min}/E_m
Superficie útil	/	146	5,35	413	0,037
Piso	20	108	7,96	282	0,074
Techo	80	37	8,06	129	0,217
Paredes	50	59	6,52	380	/

Lista de piezas

Tabla 62. Tubos solares escogidos.

n°	Cantidad	Tipo de tubo	Φ (luminaria) (lm)	Φ (lámparas) (lm)	P (W)
1	10	Solarspot \varnothing 250 (Tipo 1) * (1000)	1358	1360	0,0
2	4	Solarspot \varnothing 375 (Tipo 1) * (1000)	3160	3165	0,0
Total			36610	36670	0,0

Distribución apartamento tipo A y B

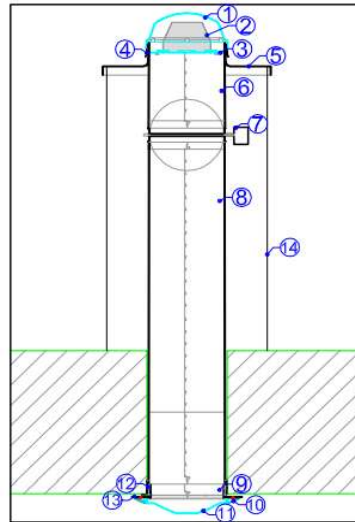
Tabla 63. Distribución de la iluminación natural en los apartamentos.

Apartamento tipo A y B					
Espacio	Superficie (m ²)	Tipo de Tubo	n°	Iluminación interior (lux)	Iluminación exterior (lux)
Cocina	4,90	D375	2	646	816
Sala comedor	19,60	D375	2	323	408
Hall	2,50	D250	1	544	800
Alcoba 2	8,90	D250	1	153	225
Baño 2	2,00	D250	1	680	1000
Alcoba1	9,30	D250	1	146	215
Baño 1	2,10	D250	1	648	952

Descripción de componentes de los tubos solares utilizados en el diseño

Los tubos solares utilizados en el diseño son marca solarspot, de diámetro de 250mm y 375mm respectivamente, los cuales satisfacen los niveles de iluminación requeridos por el RETILAP para instalaciones internas en edificios residenciales. A continuación se muestran las componentes de cada sistema, figuras (31) y (32).

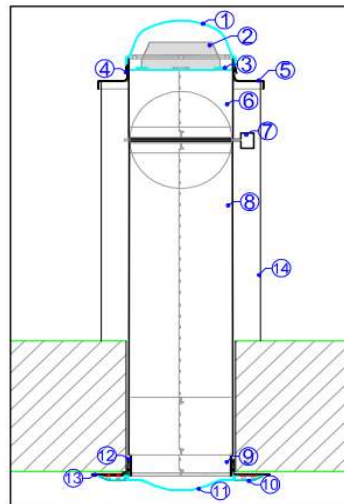
Tecnología solarspot D250



Solarspot® D250	
n°	Componente
1	Cúpula
2	RIR®
3	CONVAS®
4	Anillo de Premontaje
5	Zocalo cuadrado 25SQ116
6	Tubo de salida en Vegalux™ (L=30cm)
7	Dimmer Nottedi™ (opcional)
8	Tubo de alargamiento en Vegalux™ (L=120cm)
9	Tubo de llegada en Vegalux™ (L=30cm)
10	Anillo de techo transparente
11	Difusor Vision Perlato
12	Anillo para murar
13	Anillo LED
Extra	
n°	Componente
14	Soporte para realizar en obra *

Figura 31: Tubo solar diámetro 250

Tecnología solarspot D375



Solarspot® D375	
n°	Componente
1	Cúpula
2	RIR®
3	CONVAS®
4	Anillo de Premontaje
5	Zocalo cuadrado 38SQ11
6	Tubo de salida en Vegalux™ (L=30cm)
7	Dimmer Nottedi™ (opcional)
8	Tubo de alargamiento en Vegalux™ (L=120cm)
9	Tubo de llegada en Vegalux™ (L=30cm)
10	Anillo de techo transparente
11	Difusor Vision Perlato
12	Anillo para murar
13	Anillo LED
Extra	
n°	Componente
14	Soporte para realizar en obra

Figura 32: Tubo solar diámetro 375

1. Cúpula o Domo: Componente principal, que se encarga de la captura de los rayos luminosos, las propiedades que poseen son: resistencia al impacto, a la intemperie, y traslucidez
2. RIR: Sistema óptico que se encuentra en la cúpula y que permite la captación de la luz natural en cualquier condición de cielo (nublado tanto como despejado), porque el RIR®

utiliza luz difundida y directa, siendo al mismo tiempo transparente (para la luz que llega del Norte) y reflectante como un espejo (para la luz que llega del Sur).

3. CONVAS: Bandeja anti-condensación en policarbonato transparente, que al igual que el RIR, se encuentra en la cúpula y sostiene el RIR®. Este componente ayuda a reducir el riesgo de condensación que a veces se encuentra en situaciones muy extremas (como cuarto de baño, ducha, etc.).
4. Anillo de pre-montaje: Este anillo en aluminio, permite realizar el montaje de los sistemas Solarspot® ya listos para la instalación
5. Zócalo cuadrado: Sistema que se pone en cubierta y que permite instalar los sistemas Solarspot® sobre un soporte cuadrado (que se realizará en obra) y que permitirá poner las cúpulas en una posición óptima en cubierta.
6. Tubo de salida: Tubo de salida en vega lux, con longitud de 30 cm, el cual conecta el tubo en aluminio que transmite la iluminación con el domo o cúpula.
7. DimmerNottedi: Sistema de regulación motorizado; se cierra y abre con un interruptor, normalmente puesto sobre la pared. Hay veces que un interruptor puede controlar más Dimmer: esto se pasa para los Dimmer puestos en sistemas Solarspot® instalados en el mismo cuarto.
8. Tubo de alargamiento en vegalux: Componente encargado de transportar la radiación recibida por el domo hasta el difusor, con niveles mínimos de pérdidas. Tiene una longitud de 120 cm y su material de composición es aluminio.
9. Tubo de llegada en vega lux: Componente de llegada al difusor, con longitud de 30 cm, cuya función es conectar el tubo de alargamiento con el difusor.
10. Anillo de techo transparente: Anillo de decoración que se fija al contra-techo del apartamento y sostiene el difusor. En este caso lo proponemos en policarbonato transparente, porque detrás de él se encuentran los LEDs y su transparencia permite a la luz artificial de salir y e iluminar. Normalmente este anillo es propuesto en policarbonato opalino (si no en PVC-U).
11. Difusor visión perlato: Componente encargado de difundir la luz proveniente de la zona de transferencia, su objetivo es orientar homogéneamente la iluminación.
12. Anillo para murar: Este componente es un anillo de acero que permite fijar el anillo de policarbonato en el hormigón del techo.
13. Anillo Led: Este es el anillo de aluminio con los LEDs.

Capítulo 8

8. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO, A PARTIR DE CUBIERTAS VERDES

8.1 INTRODUCCIÓN

Para atender la necesidad de confort térmico de un emplazamiento se ha adoptado en los últimos años por la utilización de aires acondicionados, los cuales pueden llegar a representar el 50% de la demanda energética de una edificación. Las áreas con mayores puntos de concentración de calor son las terrazas, debido a que tienen una gran absorción de radiación solar.

A nivel mundial Alemania lidera la utilización de esta tecnología teniendo un 10% de sus techos verdes; algunos países poseen legislaciones para fomentar su práctica, en nuestro país su implementación se ha dado en ciudades como Bogotá, Medellín y Barranquilla. Además este tipo de proyectos tienen una vida útil entre los 25 y 50 años.



Figura 33: Ejemplo de techo verde

8.2 BENEFICIOS DE UTILIZAR TECHOS VERDES

De acuerdo a estudios realizados y teniendo de referencia los sistemas que se han instalado se han visto los siguientes beneficios:

- Son una estrategia excelente para combatir el fenómeno de la isla de calor al disminuir de un 3% a 8% la concentración de calor en las ciudades.
- Contribuyen a un ahorro energético significativo debido a la menor utilización de aires acondicionados.
- Mejoran la calidad del aire y del hábitat reduciendo los niveles de CO₂.
- Son compatibles con sistemas de paneles fotovoltaicos.

Reducción de CO₂

La reducción de CO₂ varía de acuerdo a las condiciones climáticas del lugar y el tipo de vegetación utilizada, por lo cual los datos que se tienen son basados en estudios realizados en sistemas implementados, a continuación se muestra un estudio hecho en el Reino Unido:

En el Reino Unido, los edificios son responsables del 44 por ciento de las emisiones de CO₂: 26% de las emisiones del Reino Unido provienen de hogares, el 18% de los edificios no residenciales (UKQBC). Una alta proporción de estas emisiones son de calentar y enfriar el ambiente interno. La reducción del consumo energético de los edificios en el Reino Unido reducirá su contribución al cambio climático. El IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) han dicho que los edificios ofrecen algunos de los más grandes, más rentables y oportunidades más rápidas para hacer frente al cambio climático. Los techos verdes pueden reducir significativamente la carga de enfriamiento de un edificio, lo que resulta en la reducción de los requisitos de refrigeración de aire y por lo tanto un menor consumo de energía y de salida asociado de dióxido de carbono atmosférico.

Además 1 m² de área verde genera el oxígeno requerido por una persona en todo el año.

Reducción de Consumo Energético

Según informes del sistema de monitoreo de ahorro energético 2006, una oficina consume aproximadamente 1.250 MJ por m² al año. De estos, un 39% del consumo total de energía corresponde a la calefacción del edificio y un 4% al uso del aire acondicionado. Esto equivale a 538 MJ al año. La cubierta vegetal permite una reducción del 23% en el consumo de energía para calefacción y del 75% para el aire acondicionado. Esto significa que con una cubierta vegetal se ahorran 150 MJ al año.

Temperatura ambiental más baja: reducción del efecto isla de calor urbano

Durante el verano, la temperatura en las ciudades suele ser aproximadamente entre 5 y 7 °C más caliente que en el campo. Esto se debe a que en la ciudad, los edificios y las carreteras absorben el calor y luego lo devuelven a la atmósfera. Este fenómeno se conoce como "UrbanHeat Island" o efecto de isla de calor urbano. Un estudio realizado por el centro Tyndall para investigaciones climáticas, revela que en las ciudades se requiere un 10% más de vegetación para contrarrestar el cambio climático. El verde refleja gran parte del calor, por lo que genera una reducción de la temperatura en el entorno. Además, las plantas, al emitir humedad, enfrían el aire. Debido a que los espacios destinados a la vegetación en los entornos urbanos son limitados, las cubiertas de vegetación son el medio ideal para crear más "verde" en las ciudades.

Comportamiento verde

Con base a los beneficios obtenidos por la implementación de techos verdes y a estudios realizados, se estima que los espacios interiores cercanos a una azotea de una edificación pueden reducir su temperatura entre 3C y 5C, durante el día, lo que se refleja en un ahorro energético entre el 25% y el 50%.

Los techos verdes mejoran su eficiencia, al aumentar la humedad, debido a la liberación de calor latente hacia al ambiente sin que haya una transferencia de calor significativa hacia la estructura de hormigón.

8.3 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE CUBIERTAS VERDES PARA EL EDIFICIO TORRE CENTRO

El edificio Torre Centro, cuenta con dos terrazas, la primera (Planta 22) es de 62,8 m² y la segunda (Cubierta del edificio) es de 65.8m², para un total de 128,6 m² de área disponible para la construcción de las terrazas verdes. Esta distribución de espacios o áreas se realizó de acuerdo a las especificaciones arquitectónicas del edificio Torre Centro.

Según la tabla (9), la cubierta que se diseña a continuación, es de tipo extensiva, ya que se seleccionó bajo el criterio del espesor. Es de densidad vegetal moderada especialmente usada para praderas y plantas de poca altura, se caracteriza por requerir poco mantenimiento (1 o 2 veces al año), su abastecimiento de agua se da por procesos naturales en su mayoría, a excepción de épocas de sequía donde requiere de intervención humana para su riego. Requiere reparación aproximadamente cada 7 años.

La carga aproximada para este tipo de cubierta está entre 120Kg/m² y 160kg/m².

Siendo más liviano que un techo intensivo y es más resistente a las inclemencias del clima. A continuación se presenta una tabla resumen con los detalles de las cubiertas verdes que cubrirán el 100% del área disponible en las terrazas de la edificación:

Tabla 64. Resumen cubiertas verdes

TERRAZA		Espesor	Sustrato	m ²	kg/m ²	kg
Nivel 22	<i>Edificio Torre Centro</i>	25 cm	9 cm	62,8	125	7850
Cubierta		25 cm	9 cm	65,8	125	8225

A continuación, la figura (34) detalla la composición por capas de las cubiertas verdes del edificio Torre Centro:

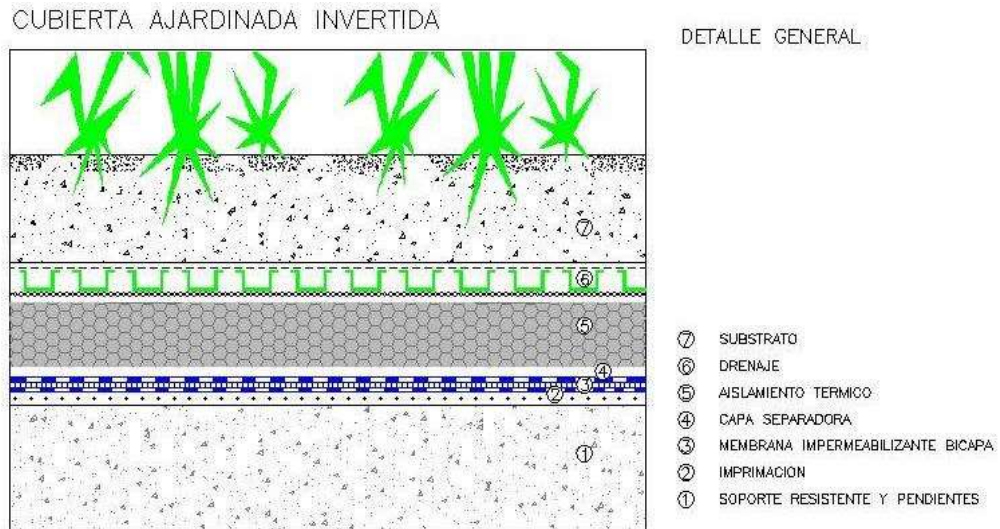


Figura 34: Componentes por capas del techo verde.

1. Soporte resistente y pendiente: generalmente, es la parte de la estructura principal, sirve como base de la terraza verde y da la pendiente para el drenaje.
2. Imprimación: Capa de emulsión asfáltica proporcionada para preparar la superficie en la cual se va a apoyar la cubierta verde.
3. Membrana impermeabilizante: Esta capa, impide el paso del agua a la estructura, existen diferentes tipos de impermeabilización, pero generalmente se utilizan materiales en láminas de composición bituminosa o sintética, aunque existen otras alternativas como corcho, fibra de vidrio, lana entre otras; adheridas a la superficie por medio de asfalto caliente.
4. Capa separadora: Evita la mezcla de partículas de suelos distintos. Además impide el contacto entre materiales no compatibles. Y sirve como ayuda a conducir el agua hacia los sumideros. Esta capa puede ser construida a partir de fieltro de fibra de vidrio, o un filtrante sintético anti raíces; geoflex 120 o 150, adicionalmente en el fondo de esta capa se debe colocar un manto anti raíces.
5. Aislante térmico: Material de alta resistencia térmica, que establece una barrera al paso del calor del exterior al interior y viceversa. Puede estar constituido por poliestireno extruido y su espesor es aproximadamente de 5 cm.
6. Drenaje: Está compuesto por una capa de drenaje con el fin de aumentar el aislamiento térmico. Adicionalmente almacena el agua lluvia y del riego en las cavidades superiores de las placas y conducen el agua sobrante de manera rápida y segura a los sumideros de la cubierta a través de sus canaletas inferiores. Al tiempo que aseguran una adecuada oxigenación de la tierra vegetal y de las plantas. Este drenaje, puede estar constituido por grava o una membrana de nódulos de poliestireno perforado con geotextil de polipropileno en ambas capas, y su espesor es de aproximadamente 5 cm.

7. Substrato: Capa que proporciona los nutrientes a las plantas, además es la superficie en la cual la planta se ancla y desarrolla su ciclo de vida.

La fachada superior del edificio Torre Centro, se presenta de forma horizontal, con el propósito de que toda la radiación que choque en la superficie de la cubierta, sea recibida por la capa ajardinada de la terraza verde, aislando el calor que podría ser transmitido al interior del edificio, tal y como se muestra en la figura (35).



Figura 35: Edificios ciudad Buenos Aires

Capítulo 9

9. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED DE 9 KW PARA EL EDIFICIO

Evaluando la posibilidad para utilizar una fuente renovable de energía para abastecer parte de su demanda eléctrica, se realiza el dimensionamiento y diseño para el SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO sobre cubierta, en el edificio, como aporte de un porcentaje de la demanda energética, de tal forma que se pueda obtener un ahorro en el consumo energético y aprovechar el área disponible en cubierta.

El diseño se ha realizado en base a los planos de construcción y a los cuadros de carga de cada área, lo cual se relaciona a continuación en la tabla (66), presentándose la demanda total anual y mensual.

Tabla 65. Demanda estimada.

Demanda energética mensual estimada (kwh/mes)	28030.926
Demanda energética anual estimada (kwh/año)	336371.112

9.1 CONDICIONES DE EMPLAZAMIENTO

Este proyecto el diseño se desarrolla de acuerdo al área disponible, de acuerdo al plano de la cubierta, el cual se toma como punto de partida para el dimensionamiento. Área disponible: 60 m². Revisar Anexo (5) planos eléctricos.

9.2 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

El punto de partida para el dimensionamiento, se debe saber el recurso disponible, el cual está dado por la tabla presentada anteriormente en el diseño del sistema de iluminación natural ver tabla (61).

Dimensionamiento de los paneles solares

Número de módulos fotovoltaicos:

Como se había explicado anteriormente se necesita suplir un porcentaje del consumo eléctrico del edificio, teniendo en cuenta esto, se toma como base la demanda mensual de energía eléctrica. Pero antes de esto debemos tener en cuenta el recurso solar disponible.

Las Horas Solares Pico: son una unidad que mide la irradiación solar de un lugar determinado, y puede ser definido como el tiempo en horas en que permanece la constante de radiación solar de 1000 W/m²

$$HPS = \frac{GC}{1000 \text{ W/m}^2} \quad (17)$$

Gc: Irradiancia global diaria sobre el plano horizontal.

$$HPS = \frac{5,1 \text{ Kwh /m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$HPS = 5,1 \text{ h}$$

Se utilizan módulos poli-cristalino de 1,63 m² de 250 W cada uno, teniendo un área disponible de 60 m² obtenemos la cantidad de módulos y la potencia pico que se puede instalar mediante los siguientes cálculos:

$$\text{Número de módulos} = \frac{60 \text{ m}^2}{1,63 \text{ m}^2} = 36,8 \text{ módulos}$$

$$\text{Potencia pico (w)} = 36,8 * 250 = 9200 \text{ W}$$

Teniendo en cuenta los cálculos de dimensionamiento se opta por una potencia pico de 9 kW.

Según el Pliego de Condiciones del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), la inclinación de los módulos solares se define mediante el ángulo de inclinación β , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulo horizontal y 90° para módulos verticales.

Para utilizar este método ha de tenerse en cuenta, la latitud del emplazamiento donde estarán instalados los paneles solares.

Por esto los paneles fotovoltaicos tendrán una inclinación no mayor a 10 grados, orientados hacia el sur geográfico (esto debido a su latitud, cercana al Ecuador, hace que la radiación solar incida casi perpendicularmente), teniendo en cuenta que el Municipio de Bucaramanga se encuentra ubicado en una latitud de 7,11°. Para evitar acumulación de agua y ayudar a la limpieza del panel, se diseña el arreglo fotovoltaico con una inclinación de 10 grados.

Tabla 66. Resumen técnico

Potencia Pico	9 kW
Número de módulo fotovoltaicos	36 unidades
Potencia pico del módulo fotovoltaico	250W
Área del módulo fotovoltaico	1,63 m ²
Área intervenida	60 m ²

Tabla 67. Parámetros del módulo fotovoltaico

PARAMETROS ELECTRICOS PARA STC		
Potencia de salida	250	W
Eficiencia del módulo	>15%	
Tensión en Pmax	30,4	V
Intensidad en Pmax	8,24	A
Tensión en circuito abierto	38,4	V
Intensidad en cortocircuito	8,79	A
CARACTERISTICASTERMICAS		
Coeficiente de temperatura para Pmax	-0,45	%/C
Coeficiente de temperatura para Voc	-0,33	%/C
Coeficiente de temperatura para Isc	-0,06	%/C
CARACTERISTICAS GENERALES		
Dimensiones	1650/990/40	Mm
Peso	19,1	Kg
Máxima tensión del sistema	1000	V
Rango de temperatura de funcionamiento		C
Célula solar (Cantidad/tipo)	60/Silicio poli cristalino	

9.3 DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE INVERSIÓN DC/AC DE CONEXIÓN A RED

Para el diseño se ha contemplado el uso de 1 inversor de 9000W, que debe cumplir con las siguientes características mínimas:

Tabla 68. Parámetros del inversor

DATOS TÉCNICOS		
ENTRADA CC		
Potencia Máxima en CC (FP=1)	10800	W
Voltaje máximo en CC	600	V
Voltaje nominal CC	310	V
Rango de Voltaje en PMM	250 – 480	V
Voltaje mínimo en CC	250 / 300	V
Corriente máxima por String	25 / 20	A
SALIDA CA		
Potencia Nominal en CA	9000	W
Voltaje Nominal CA Ajustable	208 / 240 / 277	V
Frecuencia de la Red	59,3 - 60,5	Hz
Corriente Máxima de salida	33 / 25 / 22	A
Armónicos	< 4%	
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Eficiencia	95 / 96 / 97,0	%
Dimensiones	470/615/240	mm
Peso	35	Kg
Garantía	10 años	
Consumo Interno	0,1	W

9.4 RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE LA INSTALACIÓN (PR)

Se define Pr como la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo para el período de diseño.

Este factor considera las pérdidas en la eficiencia energética debidas a:

- ✓ Efecto de la temperatura en las células fotovoltaicas
- ✓ Dispersión de los módulos solares.
- ✓ Suciedad de los módulos solares.
- ✓ Pérdidas en el cableado.
- ✓ Errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- ✓ Otros

Los elementos integrantes del campo solar definen la mayoría de estos parámetros.

PR puede englobar tantos factores como el diseñador pueda cuantificar, a fin de establecer un valor de eficiencia de la instalación de lo más aproximado a las condiciones reales.

Se estima mediante la siguiente expresión y su valor varía en el tiempo en función de las distintas condiciones a las que se ve sometida la instalación:

$$PR(\%) = (100 - A - P_{temp}) * B * C * D * E * F \quad (18)$$

Cada uno de los términos de PR se Explicará por separado.

- A: es la suma de otros tres parámetros.

$$A = A1 + A2 + A3 \quad (19)$$

A1 Representa la dispersión de los parámetros entre los módulos, debido a que no operan normalmente en las mismas condiciones que las reconocidas como estándar de medida, CEM (Condiciones Estándar de Medida). Un rango de valores del 10% es de una dispersión elevada, entre un 5% y un 3% es un valor adecuado. **Se asume del 3%.**

A2 Representa el efecto del polvo y la suciedad depositados sobre los módulos solares. Es un valor muy variable, puesto que depende del emplazamiento de la instalación. La posibilidad de realizar mantenimientos periódicos en este aspecto influye a la hora de estimar este coeficiente. El rango de valores estaría entre el 2% para instalaciones poco afectadas por el polvo y suciedad, hasta el 8% donde este aspecto puede tener una mayor influencia. **Se asume del 2,6%.**

A3 Contempla las pérdidas por reflectancia angular y espectral. El acabado superficial de las células tiene influencia sobre este coeficiente, también la

estacionalidad influye en este parámetro, aumentando las pérdidas en invierno, así como la latitud. Un rango de valores puede estar entre el 2% para pérdidas bajas, un 4% para pérdidas moderadas y el 6% para pérdidas altas. **Se asume del 2%.**

$$A = 0,03 + 0,026 + 0,02$$

$$A = 0,076 \text{ ó } 7,6\%$$

Ptemp: Representa las pérdidas medias anuales debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas.

$$P_{\text{tem}}(\%) = 100 * (1 - 0,0035 * (T_c - 25)) \quad (20)$$

Siento T_c la temperatura de trabajo de las células solares.

$$T_c = T_{\text{amb}} + (T_{\text{ONC}} - 20) * \frac{E}{800} \quad (21)$$

T_{amb} Temperatura del ambiente en C. **$T = 24\text{C}$**

T_{ONC} Temperatura de operación nominal del módulo fotovoltaico. Este valor lo proporciona el fabricante. **$T = 25\text{C}$**

E Irradiación solar en W/m^2

$$T_c = 24 + (25 - 20) * \frac{5100}{800}$$

$$T_c = 49,3135 \text{ C}$$

$$P_{\text{tem}}(\%) = 100 * (1 - 0,0035 * (49,3125 - 25))$$

$$P_{\text{tem}}(\%) = 91,49$$

La temperatura de las células se eleva por encima de la temperatura ambiente de forma proporcional a la irradiancia incidente, lo que tiene como consecuencia una reducción del rendimiento de las mismas.

- B: Coeficiente relacionado con las pérdidas en el cableado de la parte de corriente continua, es decir, entre los módulos fotovoltaicos y el inversor. Se incluyen las pérdidas en los fusibles, conmutadores, conexiones, etc.

$$B = (1 - L_{cabcc}) \quad (22)$$

El valor máximo admisible para L_{cabcc} es de 1,5% por lo que el valor mínimo de B será 0,985. Para el diseño se asume un valor de $L_{cabcc} = 1\%$, por lo tanto:

$$B = 1 - 0,01 = 0,99$$

- C: coeficiente que, al igual que el anterior, está relacionado con las pérdidas en el cableado, pero en este caso en la parte de corriente alterna.
-

$$C = (1 - L_{cabca}) \quad (23)$$

El valor máximo admisible para L_{cabca} es 2% y un valor recomendable es el 0,5%, por lo que C tendrá unos valores comprendidos entre 0,980 y 0,995. Para el diseño se asume un valor de $L_{cabca} = 0,5\%$, por lo tanto:

$$C = 1 - 0,005 = 0,995$$

- D: está relacionado con las pérdidas por disponibilidad de la instalación. Con este coeficiente se cuantifican las pérdidas debidas al paro de la misma, de forma parcial o total, debido a fallos en la red, mantenimientos, etc.

$$D = (1 - L_{disp}) \quad (25)$$

Un valor adecuado para las pérdidas por dispersión es el 5%, por lo que el valor mínimo de D será 0,95. Para el diseño se asume un valor de $L_{disp} = 3\%$ por lo tanto:

$$D = (1 - 0,03) = 0,97$$

- E: representa los valores de eficiencia del inversor. En este caso hay que atender a los valores de rendimiento europeo y a la potencia del inversor a utilizar. Teniendo en cuenta los valores dados por el fabricante la eficiencia del inversor es 0,98%.

- F: está relacionado con las pérdidas por el no seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT ó PMP) y en los umbrales de arranque del inversor.

$$F = (1 - L_{pmp})(27)$$

Unos valores de referencia para estas pérdidas pueden ser entre el 5% y el 10% pudiendo tomar como valor de referencia el 8%, por lo que F tendrá valores comprendidos entre 0,95 y 0,90. Para el diseño se asume un valor de $L_{disp} = 5\%$ por lo tanto:

$$F = (1 - 0,05) = 0,95$$

Ya teniendo todas las variables que afectan el rendimiento energético de la instalación se hace el cálculo final:

$$PR(\%) = (100 - A - P_{temp}) * B * C * D * E * F$$

$$PR(\%) = (100 - 7,6 - 91,49) * 0,99 * 0,995 * 0,97 * 0,98 * 0,95$$

$$PR(\%) = 0,809 \text{ o } 80,9\%$$

9.5 SISTEMA DE FIJACIÓN

El sistema de soporte de los módulos fotovoltaicos que se plantea es de tipo no penetrante sobre cubierta plana. Esto con la intención de no intervenir la cubierta de la trastienda lo que permite una instalación rápida y liviana pero lo suficientemente resistente para soportar las velocidades de viento promedio de la zona.

Los soportes son de fiberglass o fibra de vidrio, que son estructuras livianas pero lo suficientemente resistentes para soportar el peso de los módulos fotovoltaicos que pesan 19kg aproximadamente. Estos soportes de fibra de vidrio se complementan con bloques de concreto de aproximadamente 35Kg por módulo. Al tener en cuenta el peso de los soportes en fibra de vidrio, los bloques de concreto, los módulos fotovoltaicos y pequeños elementos del sistema de soporte, la cubierta de la trastienda estaría soportando una carga de 30kg/m² teniendo en cuenta un factor de seguridad del 15%.



Figura 36: Estructura de fijación

Sabiendo que las horas de brillo diario en Bucaramanga son de 5.1 según la tabla (61), la capacidad del sistema fotovoltaico es de 9 kW, el PR hallado es 0.89.

La demanda diaria promedio estimada para cargas de servicios comunales es:

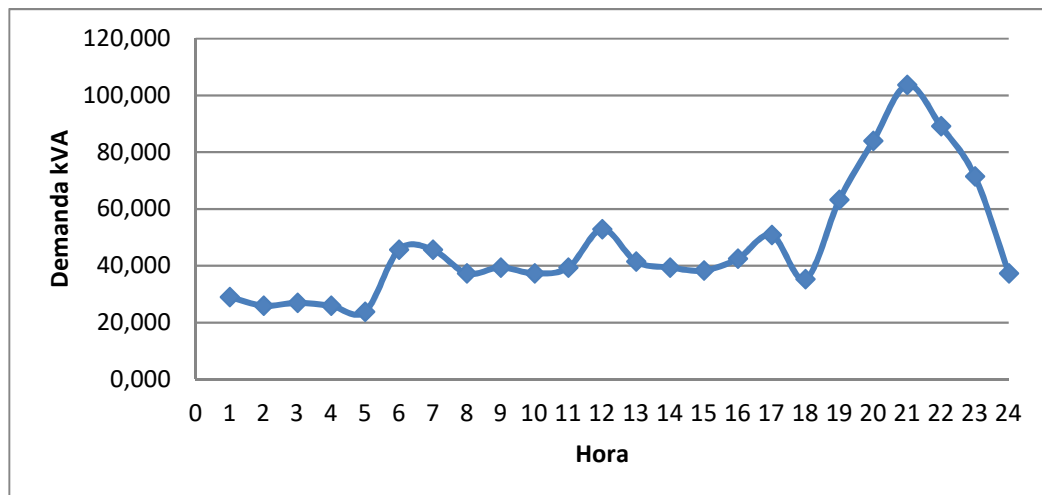


Figura 37: Demanda diaria estimada en Servicios Comunes

Total: 1125.74 kVAh/día, el factor de potencia promedio de las cargas es 0.83.

El porcentaje que será abastecido por el sistema fotovoltaico es el siguiente:

$$\frac{\text{Energía dada por los paneles}}{\text{Energía total consumida en servicios comunales}} \rightarrow \frac{\left(5.1 \frac{h}{\text{día}}\right) (9 \text{ kW}) (0.89)}{\left(1125.74 \frac{\text{kVAh}}{\text{día}}\right) \left(0.83 \frac{\text{kWh}}{\text{kVAh}}\right)} = 4.4\%$$

Capítulo 10

10. EVALUACIÓN DE REQUISITOS NECESARIOS PARA GESTIONAR LA CERTIFICACIÓN LEED DEL EDIFICIO

10.1 INTRODUCCIÓN

A continuación se presentan ejemplos a nivel mundial de edificaciones que han logrado la certificación LEED:

El edificio Aldo Leopold Legacy Center, es la primera construcción en recibir el sello LEED Platinum, la cual es la puntuación más alta. Que se logró gracias a las 198 celdas fotovoltaicas, que generan hasta el 15% más de la energía utilizada, sino también por su gran diseño cuidadosamente pensado para hacer un uso óptimo del área disponible.



Figura 38: Sistema fotovoltaico The Aldo Leopold Legacy Center

La torre Taipei 101 en Taiwan, con sello LEED Platinum, con 82/110 puntos, del 7 de Julio de 2011, adoptó un sistema para disminuir en un 30% el consumo de agua lo que representa cerca de 28 millones de litros por año.



Figura 39: Torre Taipei.

Sede del FBI Chicago, con sello LEED Platinum con 74/91 puntos en la modalidad de edificio existente, cuenta con una política de sostenibilidad con la calificación ENERGY

STAR, con una reducción del uso de energía en un 95% y uso del agua en un 45%, además de la innovación en diseño, como la ayuda a la mejora del entorno.



Figura 40: Sede FBI Chicago

10.2 LEED EN COLOMBIA

Colombia creó el CCCS (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible) Es una organización privada sin ánimo de lucro, fundada en febrero del 2008, con 178 miembros entre ellos, empresas de construcción, fabricantes de insumos e instituciones educativas, cuya misión es liderar la transformación de la actividad de la construcción y del desarrollo urbano hacia una mayor sostenibilidad.

Proyectos Con Certificación LEED En Colombia

En los últimos años el país ha presentado un cambio profundo de sensibilidad y nivel de compromiso frente a las mejores prácticas de diseño, construcción y urbanismo sostenible. Este cambio del mercado derivó en un número creciente de proyectos que han optado por certificarse con el sistema LEED, entre los casos más representativos se encuentran:

- **CENTRO DE DISTRIBUCIÓN AVON** Guarne – Antioquia Es la segunda edificación Leed por área construida es el centro de distribución de Avon en Guarne, Antioquia. Este establecimiento tiene un área de 27.400 metros cuadrados, y requirió una inversión de US\$50 millones. En éste se albergan oficinas de distribución de los productos de la compañía y oficinas administrativas. Entre otras características, se destacan que del área total del terreno sólo se construyó en el 37% y se utilizaron materiales como grasspave y gramoquin, que permiten una mayor conservación ambiental que el asfalto y el concreto. La edificación también tiene una planta de tratamiento de aguas y un tanque de recolección de aguas lluvia, para ser utilizadas en unidades sanitarias.



Figura 41: Planta de distribución Avon - Antioquia.

- RUTA N Medellín-- centro de innovación y tecnología en donde la capital antioqueña albergará empresas internacionales innovadoras que quieran asentarse en la ciudad. Para contarnos sobre este interesante proyecto, que busca la certificación LEED. Por medio de: Reducción del consumo de energía a través de la instalación de sistemas automatizados de iluminación y de enfriamiento, y por la reducción del consumo de agua a través de la captación de aguas lluvia.



Figura 42: Ruta N - Medellín.

- BANCOLOMBIA - En Colombia el edificio de mayor tamaño ya construido que tiene la certificación Leed es la sede de Bancolombia, en Medellín, que tiene un área construida de 135.379 metros cuadrados y una capacidad para 4.200 empleados. Esta edificación tiene la certificación Leed-EB: OM v2009. Es decir, la certificación para edificios existentes: operaciones y mantenimiento. Este aval fue otorgado a principios de este año. Entre otras características, la sede permite el ahorro de 50% de la energía eléctrica gracias al manejo del flujo del aire y de la luz natural, pues cada trabajador del edificio tiene una entrada de luz cerca.

Este edificio, que obtuvo la segunda más alta categoría, la Oro, recibió 73 puntos de calificación por parte del U.S. Green Building Council, lo que lo convierte en el segundo mejor calificado de Latinoamérica, después de la sede del HSBC en Argentina



Figura 43: Edificio Bancolombia - Medellín.

10.3 CRITERIOS QUE MIDE LA CERTIFICACIÓN LEED

A continuación se presenta por medio de un flujo los procedimientos que se deben evaluar para obtener la certificación LEED.

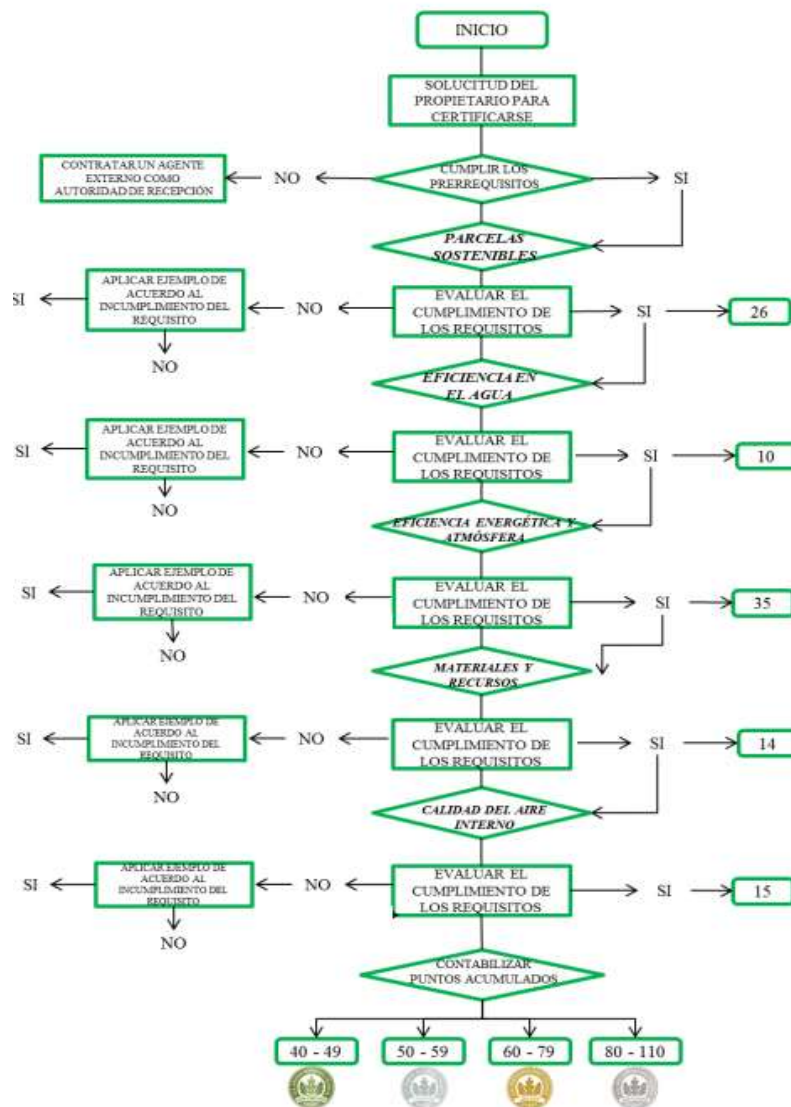


Figura 44: Flujo-grama de evaluación LEED

10.4 EVALUACIÓN LEED APLICADA EN EL EDIFICIO TORRE CENTRO

Basándose en la evaluación de la certificación LEED, se propone una calificación aproximada teniendo en cuenta los parámetros que pudieron ser evaluados: parcelas sostenibles y energía renovable in situ.

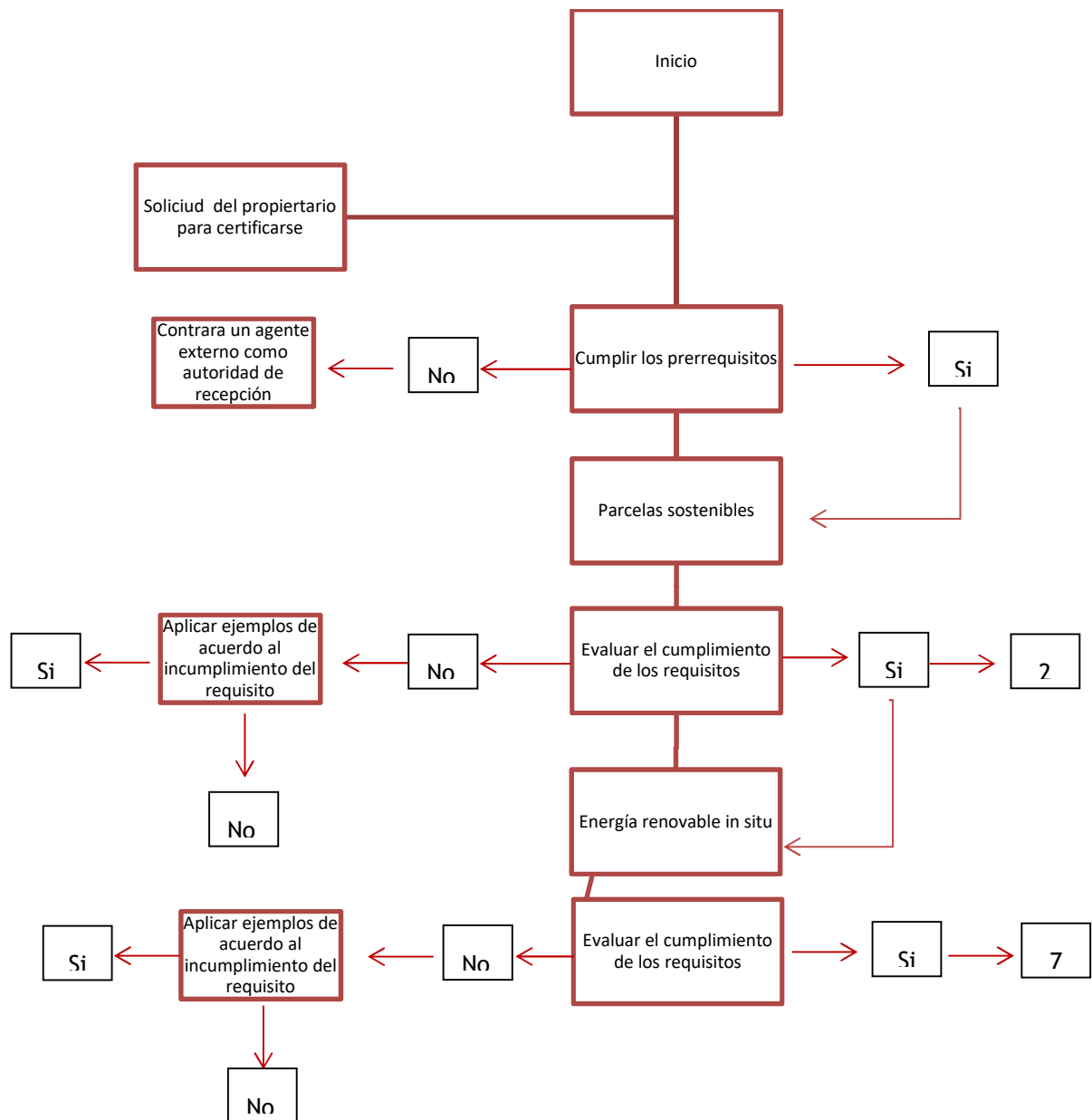


Figura 45: Metodología de Evaluación Aplicada al Edificio Torre Centro

11. CONCLUSIONES

- ✚ Para el diseño de las instalaciones eléctricas, se conformó una gran variedad de conceptos haciendo énfasis en el cálculo de regulación de tensión, selección de conductores y protecciones y selección del transformador, para garantizar la calidad del servicio, la seguridad tanto de los equipos como de las personas, asegurando el cumplimiento del marco legal vigente.
- ✚ Se demostró que seleccionando un calibre de conductor más grande en acometidas y circuitos alimentadores, se puede garantizar un ahorro energético de 226.76 Kw-h/mes por pérdidas de efecto *Joule*, reduciendo el porcentaje de pérdidas de potencia y energía mínimas exigidas por la norma ESSA a 1,44% y 0,940% respectivamente, sin alterar los niveles mínimos de regulación de tensión y la corriente nominal pedida por las cargas.
- ✚ Se seleccionaron equipos de iluminación LED, clase A, para iluminar las áreas más transitadas del edificio Torre Centro, y se analizó su comportamiento energético con y sin sensores de movimiento, encontrando un ahorro energético de 154.6 kWh/mes para áreas de circulación en sótanos y 224 kWh/mes en puntos fijos.
- ✚ Se utilizó la herramienta software DIALUX para simular el flujo lumínico suministrado por las lámparas LED y se concluyó que se cumplen los niveles mínimos exigidos por el RETILAP en cada área a iluminar teniendo en cuenta la actividad que se proyecta a realizar en las mismas.
- ✚ Debido al elevado consumo de energía eléctrica en el edificio Torre Centro, es imposible suplir el ciento por ciento de la carga de servicios generales de la edificación, ya que el área de las cubiertas, no es lo suficientemente amplia para implementar la cantidad de paneles necesarios para generar el total de la energía eléctrica requerida por el edificio.
- ✚ Con este proyecto, se afianzó que los ingenieros en energía podemos calcular y diseñar las instalaciones eléctricas residenciales, al tener que analizar y garantizar el cumplimiento de cada uno de los criterios y especificaciones de diseño impuestas por el RETIE, la NTC 2050, la norma ESSA y el RETILAP.

12. BIBLIOGRAFIA

1. G. A. Osma, "Uso racional de la energía a partir del diseño de aplicaciones sostenibles en el edificio eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander (Trabajo de grado Magister en Ingeniería Eléctrica)". Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2011, pp. 42 – 48, 78, 116 - 135.
2. D. F. Arango, "Propuesta metodológica para obtener el sello ambiental LEED en uno de los edificios de la Universidad Industrial de Santander (Artículo para Trabajo de grado Ingeniería Civil)". Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2013, pp. 12 -14, 24.
3. Zinco-greenroof, "Sistemas ZinCo para cubiertas verdes (Guía de planificación)". Barcelona, España, pp. 5 – 13,
4. W. F. Osorio, "Diseño de sistemas fotovoltaicos autónomo y conectado a red, y su análisis financiero mediante el desarrollo de una herramienta financiera (Trabajo de grado Ingeniería en Energía)". Bucaramanga, Colombia: Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2013, pp. 47 – 65.
5. Electrificadora de Santander S.A. E.S.P, "Normas para el cálculo y sistemas de distribución". Bucaramanga, Colombia, pp. 10 – 33, 51 – 54.
6. Norma Técnica Colombiana 2050, "Código eléctrico colombiano". Bogotá, Colombia, pp. 47 – 100.
7. Ministerio de minas y energía de Colombia, "Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP". Bogotá, Colombia:, 2010, pp. 28, 33 – 37, 77 – 86.