DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES PARA LA EMPRESA R&M SOLUCIONES INTEGRALES.

CLAUDIA PATRICIA CEPEDA MATEUS
HÉCTOR IVÁN ÁLVAREZ BARRAGÁN

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA ELÉCTRICA
BOGOTÁ D.C.
2018

DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES PARA LA EMPRESA R&M SOLUCIONES INTEGRALES.

TRABAJO DE PASANTÍA PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO

PRESENTADO POR:

Claudia Patricia Cepeda Mateus

CÓDIGO: 20121007068

Héctor Iván Álvarez Barragán

CÓDIGO: 20121007058

DIRECTOR INTERNO:

I.E., M. Sc, OSCAR DAVID FLOREZ CEDIEL

DIRECTOR EXTERNO:

I.E., Manuel Andrés Pinzón Muñoz

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA ELÉCTRICA
BOGOTÁ D.C.
2018

CONTENIDO

1. INTRODUCCION 4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5
OBJETIVOS 5
OBJETIVO GENERAL 5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
2. METODOLOGIA 6
ANTECEDENTES Y MARCO REFERENCIAL 7
3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACION 12
4. MEMORIA DEL CÁLCULO 14
4.1. DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 16
4.1.1. CALCULO DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO 16
4.1.2. CALCULO DE LA ACOMETIDA EN BAJA TENSION 16
4.2. SELECCIÓN DE PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR 18
4.2.1. SELECCIÓN DE PROTECCION PRIMARIA – PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTES 18
4.2.2. SELECCIÓN DE PROTECCION DEL SECUNDARIO 18
4.3. UBICACIÓN DE CIRCUITOS NUEVOS Y ESPECIALES 19
4.4. ESTUDIO FOTOMÉTRICO 21
4.5. BALANCE DE CARGAS Y DISTRIBUCIÓN DE CIRCUITOS 23
4.6. CÁLCULO DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES 25
4.7. EVALUACIÓN DE RIESGO 27
4.8. PRESUPUESTO 31
5. RESULTADOS ALCANZADOS 33
6. ANALISIS DE RESULTADOS 34
7. EVALUACION Y CUMPLIMIENTO 35
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 36
BIBLIOGRAFIA 37
ANEXOS 38

Capítulo 1

1. INTRODUCCION

El diseño de las instalaciones eléctricas en una industria, de cualquier tipo que sea, es de vital importancia puesto que permite armonizar los espacios de ésta, así como suplir las necesidades básicas para el desarrollo óptimo de las actividades de sus empleados.

De allí radica la importancia de efectuar una apropiada instalación eléctrica industrial, puesto que se tiene la responsabilidad de evitar riesgos y situaciones no deseadas que no sólo pueden afectar el inmueble en donde se encuentre la instalación, sino que también pueden generarse descargas eléctricas en las personas.

Además, se vuelve necesario el uso de nuevas tecnologías que son mucho mas eficientes y contribuyen al buen manejo de la energía con el fin de realizar una mejora en uso final de esta misma.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa R&M soluciones integrales se encuentra en un proceso de expansión de sus instalaciones implementando nuevos procesos de tipo industrial y debido a esto se hace necesario hacer un nuevo diseño de las instalaciones eléctricas con el fin de tener una infraestructura acorde a las normas colombianas actuales vigentes y además que cumplan con las necesidades propias de la empresa y las exigencias que traen los nuevos proyectos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un diseño de todas las instalaciones eléctricas de la nueva planta de la empresa R&M soluciones integrales que cumpla con las normas colombianas actuales y se acomode a las necesidades propias de la empresa.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Realizar un levantamiento de la infraestructura eléctrica de la nueva planta para la empresa R&M soluciones integrales y determinar las medidas eficaces para mejorar y/o adaptar las instalaciones actuales a los fines de uso requeridos por dicha empresa.

Realizar la distribución de los nuevos circuitos en las diferentes áreas de trabajo teniendo en cuenta la carga máxima de cada uno de ellos buscando la mayor eficiencia energética en las nuevas instalaciones de la empresa R&M soluciones integrales adecuando cada circuito a la necesidad de su área.

Estimar un presupuesto de la remodelación de las instalaciones de la empresa R&M soluciones integrales teniendo en cuenta los materiales, la mano de obra y todo lo necesario para la puesta en marcha del proyecto, buscando la mejor relación costo-beneficio.

Proponer soluciones alternativas que ayuden a mejorar la eficiencia energética de la empresa R&M soluciones integrales.

2. METODOLOGIA

Lo primero que se debe realizar es la identificación de cada una de las cargas que son necesarias para llevar a cabo los diferentes procesos de la empresa, con esta información y conociendo la distribución física de las distintas áreas de trabajo se procederá a realizar un diseño preliminar de las instalaciones eléctricas, cuando exista una aprobación se iniciará con los cálculos de la distribución de la carga y, si es necesario, solicitar la aprobación de aumento de carga al operador de red.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se procederá a la realizar el diseño final teniendo en cuenta cada una de los reglamentos actuales que rigen las instalaciones eléctricas industriales en Colombia. Así mismo estar pendientes de las diferentes modificaciones que se puedan realizar por requerimiento de la empresa con respecto al modo de realizar los diferentes procesos y las necesidades de los mismos.

Con el fin de entregar un proyecto consolidado, finalmente se realizará un presupuesto que contemple materiales, mano de obra, tiempos dando un valor estimado del costo del proyecto.

ANTECEDENTES Y MARCO REFERENCIAL

En el año 2004 se establece por el Decreto 18039 de 2004 la creación del reglamento técnico de instalaciones eléctricas para Colombia el cual tiene las pautas o directrices para las instalaciones eléctricas en pro de la seguridad y bienestar de personas, animales, plantas y las mismas instalaciones para generación, transmisión, distribución y uso final de la energía eléctrica.

Desde ese momento las instalaciones eléctricas de tipo industrial se acogieron a las pautas expuestas en dicho reglamento (RETIE)para cumplir con los objetivos que en este mismo se fijaron como: A) Fijar las condiciones para evitar accidentes por contacto directo o indirecto con partes energizadas o por arcos eléctricos. B) Establecer las condiciones para prevenir incendios y explosiones causados por la electricidad. C) Establecer las condiciones para evitar muerte de personas y animales causada por cercas eléctricas. D) Establecer las condiciones para evitar daños debidos a sobre corrientes y sobretensiones. E) Adoptar los símbolos que deben utilizar los profesionales que ejercen la electrotecnia. F) Minimizar las deficiencias en las instalaciones eléctricas. G) Establecer claramente las responsabilidades que deben cumplir los diseñadores, constructores, interventores, operadores, inspectores, propietarios y usuarios de las instalaciones eléctricas, además de los fabricantes, importadores, distribuidores de materiales o equipos y las personas jurídicas relacionadas con la generación, transformación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, organismos de inspección, organismos de certificación, laboratorios de pruebas y ensayos. H) Exigir confiabilidad y compatibilidad de los productos y equipos eléctricos. I) Exigir requisitos para contribuir con el uso racional y eficiente de la energía y con esto a la protección del medio ambiente y el aseguramiento del suministro eléctrico, logrando así tener un control sobre todas las instalaciones.

Cabe aclarar que dicho reglamento ha presentado diferentes cambios a lo largo del tiempo, todo esto con el fin de mejorar la confiabilidad y seguridad de los sistemas y a su vez adaptarse a las nuevas tecnologías y materiales para el buen uso de la energía eléctrica. Debido a eso se hace necesario la actualización de los diseños de las instalaciones eléctricas teniendo en cuenta los cambios de dicho reglamento.

A continuación, se describirán algunos procesos llevados acabos en el proyecto ICBF SOACHA los cuales están regidos bajo las normas colombianas y se tendrán en cuenta para la implementación de este proyecto.

CONSTRUCCIÓN DE CAJA DE INSPECCIÓN TIPO SENCILLA

Descripción: La caja de inspección será tipo sencilla, en la parte de la derivación en el poste y exterior en el trayecto indicado en los planos, deberá cumplir con lo indicado en la norma CS 275 de Codensa S.A., con su marco y tapa respectiva.
Construida en ladrillo tolete recocido con pañete interno, en la base de la caja utilizar recebo compactado con drenaje.
Metodología: Se efectuará el hueco con las dimensiones de la caja, colocación de ladrillo tolete recocido, construcción del piso y drenaje de la caja, pañetada, colocación de ángulo metálicos y fijación, construcción de las tapas de la caja y finalmente la colocación de las mismas.

TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Descripción: Suministro e instalación de un transformador de 150 KVA, 11.400 /208-120 Voltios, 3 fases, conexión DY5, 60 Hz, refrigeración en aceite.
El transformador deberá cumplir con las normas de aislamiento y tener certificado de homologación.
El fabricante deberá entregar los protocolos de pruebas del equipo.
Metodología: El transformador se podrá instalar cuando se tengan realizados los trabajos en el poste.

CONDUCTORES ELECTRICOS.

Descripción: Se colocarán terminales tipo pala para la conexión de los conductores entre los tableros, y se deberán identificar en sus extremos de la siguiente manera:

- Neutro debe ser en toda su extensión blanco o cinta blanca en sus extremos.
- Fases: color amarillo, rojo, y azul.
- Tierra: Color verde amarillo.

Al realizar la interconexión de acometidas desde el cárcamo existente, se deberá analizar previamente las conexiones e identificación de cada una de ellas.

Normas aplicables:

- CABLES Y ALAMBRES AISLADOS CON MATERIAL TERMOPLÁSTICO NTC 1332
- CONDUCTORES PARA INSTALACIONES EN GENERAL 0-600 V. CEC SECCIÓN 310
- CIRCUITOS DERIVADOS PARA ALUMBRADO Y TOMACORRIENTES . . . THHN/THWN 90 °C
- CABLES PARA ALIMENTADORES A TABLEROS Y ACOMETIDAS DE BAJA TENSIÓN. THHN/THWN 90 °C
- REQUISITOS DE PRODUCTO . . . . RETIE CAP. II ART. 17-1.0

- CABLES DE MEDIA TENSIÓN TIPO MV (MEDIUM VOLTAGE). CEC SECCIÓN 326
- ACOMETIDA A 11.4 KV DE LAS REDES DEL OPERADOR DE RED . . . XLPE 15 KV NEUTRO HILOS
- CORDONES Y CABLES FLEXIBLES . . . . . CEC SECCIÓN 400
- CABLES DE DOBLE AISLAMIENTO PARA FUERZA Y CONTROL . . .. THW 75 °C ST-C 600 V.
- CABLES Y ALAMBRES DE TELECOM. DE USO GENERAL (CMG). CEC SECCIÓN 800-50 C)

Los conductores que se utilicen en las Instalaciones de ALUMBRADO serán sólidos, con aislamiento THHN/THWN 90° C. Deberán ser de cobre rojo electrolítico 99% de pureza temple suave y aislamiento termoplástico para 600 Volt.

Los fabricantes deberán cumplir con las Normas ICONTEC y estar homologados en el CIDET o ICONTEC.

Los conductores que se utilicen en las Instalaciones de TOMACORRIENTES para uso general, serán sólidos, con aislamiento THHN/THWN 90° C. Deberán ser de cobre rojo electrolítico 99% de pureza temple suave y aislamiento termoplástico para 600 Volt. Los fabricantes deberán cumplir con las Normas ICONTEC y estar homologados en el CIDET o ICONTEC.

Los conductores que se utilicen en las Instalaciones de TOMACORRIENTES para uso regulado, serán cableados, con aislamiento THHN/THWN 90° C. Deberán ser de cobre rojo electrolítico 99% de pureza temple suave y aislamiento termoplástico para 600 Volt. Los fabricantes deberán cumplir con las Normas ICONTEC y estar homologados en el CIDET o ICONTEC.

Los conductores de cualquier instalación a partir del N° 8 AWG hasta el No 2 AWG. serán de 7 hilos, desde el calibre 1/0 hasta el No 4/0 serán de 19 hilos y del 250 kCMIL al 500 kCMIL serán de 37 hilos tipo THW 75 ° C.

Para la identificación de los diferentes circuitos instalados dentro de un mismo tubo o conectados al mismo sistema, se recomienda el uso de conductores de los siguientes colores:

- Neutro de los circuitos normales: Blanco en toda su extensión.
- Neutros circuitos regulados: Gris en toda su extensión
- Tierra de circuitos regulados: Verde
- Tierra de continuidad de chasis: Alambre desnudo de cobre
- Fases: Amarillo, Azul y Rojo
- Interrumpidos: Negro

Los conductores de neutro o tierras superiores al No 8 AWG., deberán quedar claramente marcados en sus extremos y en todas las cajas de paso intermedias.

El mínimo calibre que se utilizará en las instalaciones de alumbrado y tomacorrientes de uso normal, será No 12 AWG.

Si fuera necesario, se deberá utilizar un compuesto de tracción o lubricante aprobado por el fabricante, el compuesto que se utilice no deberá perjudicar al conductor ni el aislante. No se deberán superar las tensiones de tracción ni los valores de presión en la pared lateral especificados por el fabricante del conductor.

Durante el proceso de colocación de los conductores en la tubería, no se permitirá la utilización de mantequilla, aceite o grasa mineral como lubricante, en su lugar se usará el lubricante POLIWATER de 3M o IDEAL.

Para la instalación de conductores dentro de la tubería, se debe revisar y secar si es necesario las tuberías donde hubiera podido entrar agua. Este proceso se deberá ejecutar únicamente cuando se garantice que no entrará agua posteriormente a la tubería y que en el desarrollo de los trabajos pendientes de construcción no se dañaran los conductores.

Para la instalación de los conductores dentro de las tuberías se deberán utilizar los medios de tracción, tales como cinta pescadora, cable, soga, grapas haladoras de cable y elementos mallados, que no dañen ni los cables ni las tuberías.

En caso de requerir empalmes de conductores, estos se deberán hacer mediante conectores tubulares especificados para los tipos de material del conductor y el aislamiento se deberá realizar con mangas termo-encogibles o tubos pree-ensanchados encogibles en frío de los fabricantes certificados.

Ajustar los conectores eléctricos y las terminales a los valores de tensión de torsión publicados por el fabricante. Si no se indicaran los valores de torsión del fabricante, deberá utilizar los detallados en las normas UL 486A y UL 486B.

Todos los conductores instalados en los tableros deberán tener arreglos nítidos a escuadra, con longitudes suficientes equivalentes a medio perímetro de su caja, con amarres plásticos tipo 3M o similar.

En los tableros de Automáticos, Tableros de Distribución de Fuerza y Paneles de Control de Alumbrado, los conductores deberán estar identificados de la siguiente manera:

- A la salida de cada circuito el conductor deberá tener con anillos plásticos (clips de marcación) la indicación del número de circuito que está alimentando.

- A la salida de los paneles, el conductor deberá tener con etiquetas de auto-laminación el nombre del recinto cuyo alumbrado está controlando.

- Cada neutro deberá estar identificando el circuito al cual pertenece.

- Cada conductor de línea de tierra deberá indicar el circuito al cual pertenece.

INTERCONEXIONES EN BAJA TENSIÓN

Unidad de Medida: Metro lineal
Descripción: Incluye la tubería y conductores. La tubería será tipo PVC, de los diámetros indicados en los planos, utilizando los accesorios cono uniones y conectores, norma Icontec NTC 105 CEC Sec. 348.

FABRICANTES ACEPTABLES. -

• TUBERÍA EMT: Colmena Corpacero Conduven
• TUBERÍA PVC: Pavco Colmena Plastimec
Los conductores serán en cobre electrolítico, temple suave, aislamiento THHN para 600 voltios apto para ambientes húmedos.
Los cables que se utilicen serán los indicados en los planos, Tipo THHN de cobre, para fase y neutro y para la continuidad de tierra desnudo de cobre, los calibres se muestran en los diagramas respectivos. Estos conductores serán tendidos en los cárcamos de baja tensión, según planos.
Se deberán utilizar terminales de cobre en cada uno de los extremos de los conductores a partir del conductor No. 8 AWG y no se permitirá efectuar derivaciones ni empalmes en estas acometidas
.
Metodología: Toda la tubería que llegue a los ductos y a las cajas debe llegar en forma perpendicular y en ningún caso llegará en forma diagonal. Esta será prolongada exactamente lo necesario para instalar los elementos de fijación.

Se recomienda mantener los conductos eléctricos a, por lo menos, 15 cm. de distancia de tramos paralelos de conductos de gases y de tuberías de vapor o de agua caliente. Instalar los tramos de conductos eléctricos horizontales, por encima de las tuberías de vapor y de agua.

Capítulo 3

3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACION.

La Nueva planta de la fábrica R&M SOLUCIOES INTEGRALES S.A esta ubicada en la ciudad de Bogotá, (4.653534 Latitud, -74.151558 Longitud,) consta de un área de 90 Metros Cuadrados, las redes existentes alimentan cargas monofásicas principalmente de iluminación y tomas.

Figura 1. Localización de la nueva planta R&M SOLUCIONES INTEGRALES S.A.



Fuente: Google Maps, Localización del Proyecto.

La distribución de los circuitos se puede ver en la Tabla 1. Con una carga total de 2480 W, luego de realizar los levantamientos existentes se concluyó que de acuerdo con las necesidades de la fábrica la distribución de estos circuitos básicos tanto de iluminación como de salidas para tomacorrientes monofásicas era beneficiosa y por lo tanto se podría mantener igual, incluyendo dos salidas para

iluminación ubicadas en el área de almacén de válvulas; A su vez, los resultados obtenidos han sido consignados en los planos (ANEXO A)

Tabla 1. Carga de Tablero - Levantamiento.

CIRCUITO	UBICACIÓN	TOMAS	ILUMINACION	FASE A	FASE B	FASE C	PROTECCION	POTENCIA	A	B	C	POTENCIA	PROTECCION	FASE C	FASE B	FASE A	ILUMINACION	TOMAS	UBICACIÓN	CIRCUITO
1	ALMACEN DE VALVULAS, LABORATORIO	6		1080			15	1080				0							RESERVA	2
3	PATIO MANIOBRAS & AREA CONSTRUCCION		6		600		15	600				0							RESERVA	4
5	ALMACEN VALVULAS, AREA CALIBRACION, LABORAROTIO		8			800	15	800				0							RESERVA	6
7	RESERVA											0							RESERVA	8
9	RESERVA											0							RESERVA	10
11	RESERVA																		RESERVA	12

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4

4. MEMORIA DEL CALCULO

Datos Básicos:

Voltaje solicitado:	11.400 desde la red aérea de media tensión
Numero de cuentas:	1
Carga eléctrica máxima:	196 KVA
Carga total instalada:	196 KVA
Tipo de subestación:	En poste tipo H carrera 89a # 10-10 Voltaje primario:11400 Voltios
Acometida baja tensión	Cable 2(3F No.400 kcmils +1N No. 400 kcmils + 1TNo 4/0) THHN -Cu.
Máxima caída de tensión:	3.0% a tableros de distribución.
I corto circuito	14,26 kA
Cámara CS 276:	1
Longitud prolongada red de M: T.:	0 metros.
Longitud acometida B.T.:	15 metros.

La instalación eléctrica consta de 1 edificio el cual mantendrá en un 95% sus instalaciones existentes, se desea construir un edificio de oficinas además de circuitos para maquinaria especial buscando dar eficiencia en el proceso de fabricación y demás actividades que se llevaran a cabo en la empresa R&M, continuación se hace una breve descripción de las áreas del mismo.

Edificio 1

- Patio de Maniobras.
- Área de construcción.
- Laboratorio de calibración.
- Almacén de válvulas.

- Área de calibración y limpieza.

Edificio 2

- Puesto Almacén.
- Bodega.
- 5 baños.
- Oficinas.
- Cocina.
- Sala de reuniones
- Terraza

Como primera gestión se realizó el levantamiento de la red de media tensión, para observar la posibilidad de interconectar el edificio con la red de media tensión a través de la red aérea existente, instalando un transformador. El resultado de este fue que es posible instalar un transformador en una estructura Poste tipo H dado que la red de media tensión llega a la nueva infraestructura de la empresa en el punto que se puede ver en la figura 2. (Latitud 4.653385, Longitud 74.151316 – ANEXO A3).

Figura 2. Localización Transformador Poste tipo H.

.



Fuente: Google Maps,

4.1 DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Para el dimensionamiento del transformador, se tiene en cuenta las recomendaciones de Norma Icontec 2050, en lo referente a los factores de demanda, para alumbrado y equipo menor, para calefacción de los equipos y para los equipos de fuerza.

Sin embargo, para este tipo de edificaciones consideradas como OTRAS, el criterio que aplica es utilizar la carga al 100%.

Lo cual indica que la carga demandada es de 196 KVA teniendo en cuenta esto se puede establecer que el transformador es de 250 KVA. Tensión primaria = 11.400 Voltios, tensión secundaria 208-120 Voltios, conexión DY5, 60 Hz, Inominal = 693,93 Amperios. Impedancia 3%, refrigerado en aceite dieléctrico.

4.1.1 CALCULO CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

A continuación, se presente los resultados para la corriente de corto circuito calculada con el simulador ECODIAL (Anexo C), teniendo en cuenta esto dicha corriente es igual a 14,26 KA.

Figura 3. Localización Transformador Poste tipo H.

Corrientes de cortocircuito	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Iefmin	Ief2min	Iefmax
Modo de explotaciónNormal								
(kA)	14,26	12,35	12,66	10,38	10,48	11,99	0,00	13,88
Resumen para todos los modos de explotación								
(kA)	14,26	12,35	12,66	10,38	10,48	11,99	0,00	13,88

Fuente: Simulación ECODIAL.

4.1.2 CALCULO DE LA ACOMETIDA EN BAJA TENSION.

Él cálculo de la acometida en baja tensión del transformador se presenta a continuación:

Carga 250 KVA, Cos = 0.9

Considerando la situación más crítica del 100% como carga total del transformador, se calcula la corriente nominal:

In= Potencia (250 KVA) = 693,93 Amperios

208 x 3^1/2

Corriente del conductor = 1.25 x 208 Amperios

I conductor = 867,41 Amperios

Conductor seleccionado fases = 2x3/0, aislamiento THHN, según norma AE244, condición que establece que no se sobrecargue el transformador de su capacidad nominal.

El conductor del neutro de la acometida se escoge considerando el 70% como mínimo de amperaje de las fases, 1x400 kcmil.

El conductor de tierra para la ducteria se selecciona teniendo en cuenta la tabla 250-95 de la Norma Icontec 2050, con 1000 Amperios como dispositivo de protección el conductor mínimo es calibre No.4/0

Protección interruptora en caja moldeada DPX 1250, capacidad interruptora 35 KA, 208 vol. Inominal 1000 Amperios, regulación térmica 640 - 800 Amperios.

Posteriormente se realiza el cálculo de regulación de esta acometida así:

a.) Se calcula la impedancia eficaz

$Z_{ef} = R * Cos\alpha + X_L * Sen\alpha = 0,0972 \times 0,9 + 0,10788 * 0,43 = 0,1345$ Ω/km

b.) Voltaje entre fase y neutro, teniendo en cuenta que la acometida es de doble circuito se usa la corriente/2

$$\%V_{fase-neutro} = Z_{ef} * l(km) * \left(\frac{I(amp)}{2}\right) = 0,87 \text{ v}$$

c.) Voltaje entre fases

$$\%V_{fase-fase} = \sqrt{3} * V_{fase-neutro} = \sqrt{3}\ 0,87 = 1,51 \text{ v}$$

d.) Caída de tensión del circuito

$$\%V_{CTO} = \frac{\%V_{fase-fase}}{V_{LL}} * 100 = \frac{1,51}{208} * 100 = 0,72\%$$

De acuerdo a la simulación en Ecodial Advance Calculation INT V4.8 (Anexo C) la acometida para la instalación debe ser capaz de conducir 702 A y será:

Cable 2(3F No.400 kcmils +1N No. 400 kcmils + 1TNo 4/0) THHN -Cu.

4.2 SELECCIÓN DE PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR

4.2.1 SELECCIÓN DE PROTECCION PRIMARIA – PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTES.

Para la protección contra sobre corrientes se utilizan fusibles limitadores de corriente de rango, según Norma CTS 507, de las siguientes características:

Protección en el primario del transformador con carga nominal.

In = Nominal/Vn x 1.7321 = 250.000 VA/11.400*1.7321 Voltios = 12.66 Amperios
In = 12.66 Amperios

I fusible	= 31,65 Amperios,
Tensión de Nominal	= 17.5 KV
Tensión de Servicio	= 11.4 KV
Capacidad de Interrupción	= 2.5 de Inominal

4.2.2 SELECCIÓN DE PROTECCION DEL SECUNDARIO

La protección en el secundario del transformador ubicada a la salida del transformador será interruptor termo magnético tripolar tipo industrial, con la capacidad nominal del transformador:

In(s) = 250.000 VA/208 x 1.7321 = 693,93 Amperios

Se elige el interruptor termomagnético referencia Masterpact MTZ01 08H1 para 800 amperios.

Figura 4. Selección de interruptor



Fuente: Simulación ECODIAL.

Tensión de servicio 220 voltios
Capacidad de interrupción > 42 KA

4.3 UBICACIÓN DE CIRCUITOS NUEVOS Y ESPECIALES.

Las cargas que se deberan tener en cuenta para el nuevo diseño de la fabrica se pueden ver en la Tabla 2, mostrando, capacidades y cantidades, en la Tabla 3 se puede observar la distribucion de salidas para tomacorrientes monofasicas cada una con una Potencia unitaria de 180 W

Tabla 2. Cargas Especiales.

CIRCUITOS ESPECIALES		
UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	POTENCIA
AREA DE CONSTRUCCION	EQUIPO DE SOLDADURA RX 330 PRO 2ϕ	21,5 Kw
AREA DE CONSTRUCCION	EQUIPO DE SOLDADURA RX 520 3ϕ	26,4 Kw

AREA DE CONSTRUCCION	EQUIPO DE SOLDADURA MI 250 2ϕ	18,5 kW
AREA DE CONSTRUCCION	EQUIPO DE SOLDADURA Rx versión 4002 2ϕ	24,2 Kw
AREA DE CALIBRACION Y LIMPIEZA	COMPRESOR 3ϕ	2250 w
AREA DE CALIBRACION Y LIMPIEZA	ESMERIL 1ϕ	2200 W
AREA DE CONSTRUCCION	PULIDORA MAKITA 1ϕ	2000 W
AREA DE CONSTRUCCION	PULIDORA MAKITA 1ϕ	2000 W
AREA DE CONSTRUCCION	PULIDORA MAKITA 1ϕ	2000 W
AREA DE CONSTRUCCION	PULIDORA MAKITA 1ϕ	2000 W
AREA DE CONSTRUCCION	TALADRO DEWALT 1ϕ	1000 W
AREA DE CONSTRUCCION	TALADRO DEWALT 1ϕ	1000 W
AREA DE CONSTRUCCION	TALADRO DEWALT 1ϕ	1000 W
AREA DE CONSTRUCCION	TALADRO DEWALT 1ϕ	1000 W

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Cargas de Tomacorrientes.

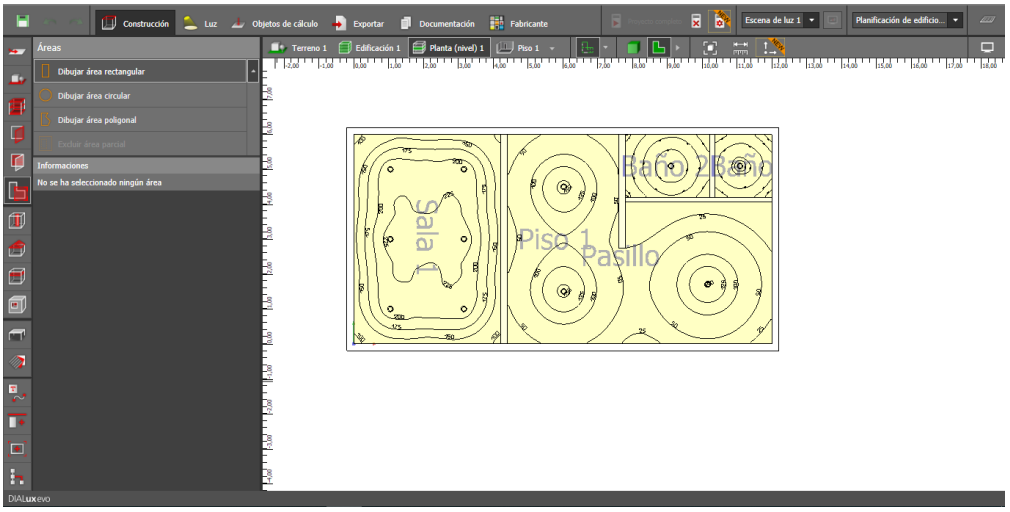
TOMAS			
UBICACIÓN	CANTIDAD	POT. UNITARIA	POT ACUMULADA
OFICINAS	8	180	1440
LABORATORIO	3	180	540
COCINA	3	180	540
SALA REUNIONES	6	180	1080
PUESTO ALMACEN	1	180	180
BODEGA	3	180	540
TERRAZA	3	180	540
TOTAL	27	1260	4860

Fuente: Elaboración propia

4.4 ESTUDIO FOTOMÉTRICO

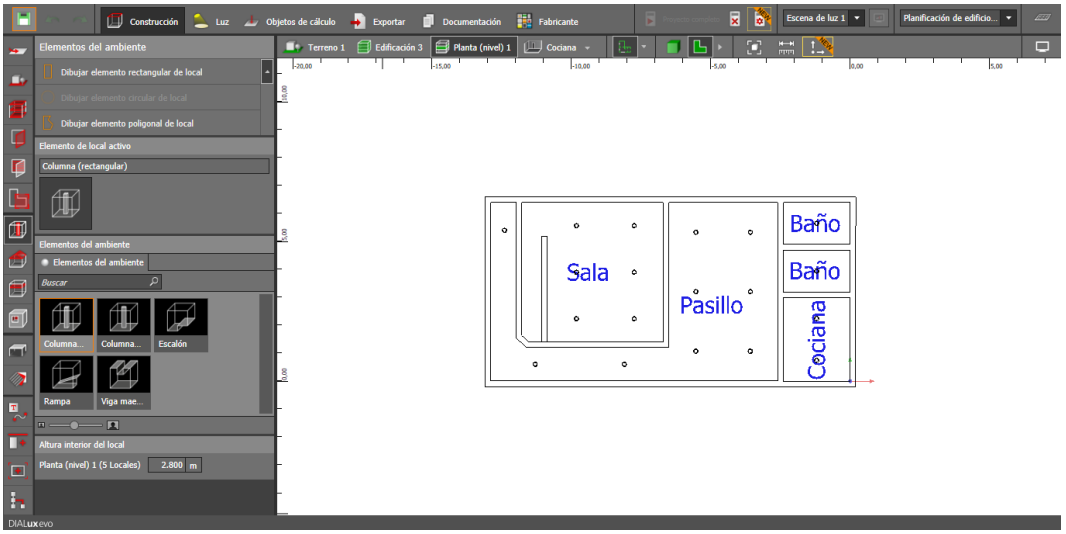
Teniendo en cuenta que una parte de las instalaciones conservará su diseño de iluminación existente, Se realizó el diseño de iluminación y estudio fotométrico al nuevo edificio de oficinas con ayuda del software DIALUX en su versión evo 8.1 (Ver Anexo B) arrojando la distribución de la iluminación la cual se puede ver a detalle en las siguientes figuras y en la Tabla Es de aclarar que en dicha tabla también se encuentra proyectada en el Almacén de Válvulas las 2 luminarias de las que se hablaron anteriormente.

Figura 5. Estudio Fotométrico Piso 1 - Oficinas.



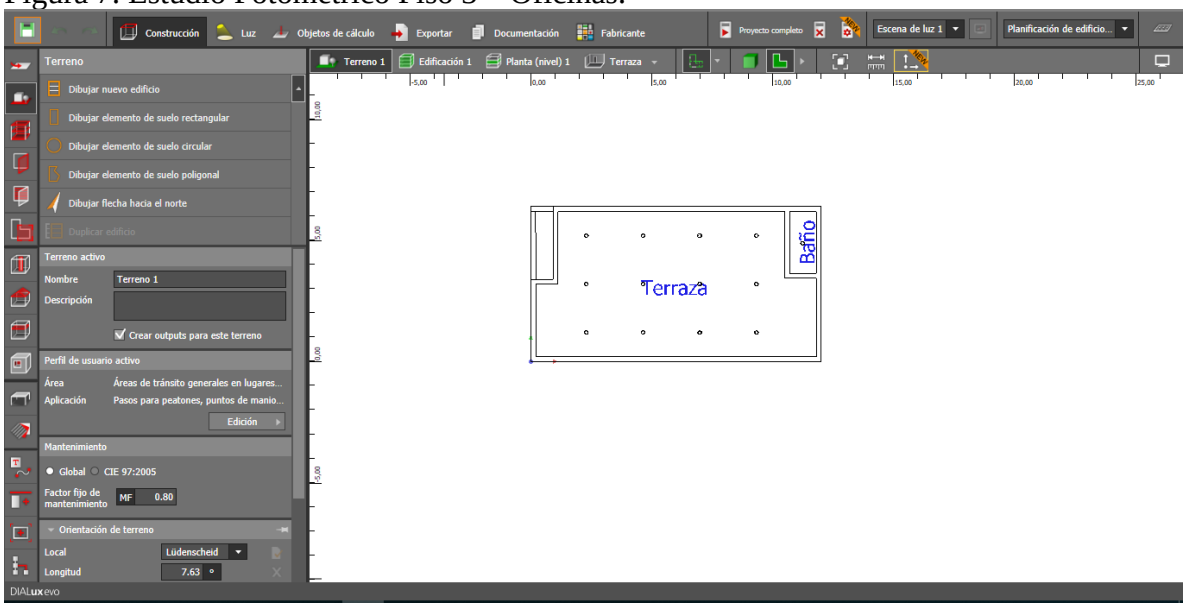
Fuente: Elaboración propia., Dialux.

Figura 6. Estudio Fotométrico Piso 2 – Oficinas.



Fuente: Elaboración propia., Dialux.

Figura 7. Estudio Fotométrico Piso 3 – Oficinas.



Fuente: Elaboración propia., Dialux.

Tabla 5. Cantidad de luminarias.

LAMPARAS			
UBICACIÓN	CANTIDAD	POT. UNITARIA	POT ACUMULADA
ALMACEN VALVULAS	2	100	200
PUESTO ALMACEN	4	100	400
BODEGA	6	100	600
BAÑO 1	1	100	100
BAÑO 2	1	100	100
BAÑO 3	1	100	100
BAÑO 4	1	100	100
BAÑO 5	1	100	100
OFICINAS	6	100	600
COCINA	2	100	200
SALA REUNIONES	6	100	600
ESCALERA	1	100	100
TERRAZA	5	100	500
TOTAL	49	1700	4900

Fuente: Elaboración propia

4.5 BALANCE DE CARGAS Y DISTRIBUCION DE CIRCUITOS

De acuerdo con lo establecido en la norma y la distribución que se puede representar en instalaciones eléctricas grandes como la que es este proyecto se van a ubicar dos tableros de distribución, uno para el área de construcción, mantenimiento y calibración y otro para el área de oficinas, en los cuales el del segundo piso de la zona de las oficinas dependerá del tablero principal que se ubicará en el primer piso (Área de Construcción). Los circuitos y las reservas quedan dispuestas según las siguientes figuras

Tabla 6. Tablero de circuitos secundario.

CIRCUITO	UBICACIÓN	TOMAS	ILUMINACION	FASE A	FASE B	FASE C	PROTECCION	POTENCIA	A	B	C	POTENCIA	PROTECCION	FASE C	FASE B	FASE A	ILUMINACION	TOMAS	UBICACIÓN	CIRCUITO
1	BODEGA	3	6	1140			15	1140				15				800	8		SALA DE REUNIONES Y PASILLO	2
3	PUESTO ALMACEN Y BAÑO 1,2	1	6		780		15	780				15			1080			6	SALA DE REUNIONES	4
5	OFICINAS, COCINA Y BAÑO 3,4		10			1000	15	1000				15		900				5	OFICINAS	6
7	RESERVA						15	0				15				1080		6	OFICINAS, COCINA	8
9	ESCALERA, TERRAZA, BAÑO 5		7		700		15	700											RESERVA	10
11	TERRAZA	3				540	15	540											RESERVA	12

Fuente: Elaboración propia

CIRCUITO	UBICACIÓN	TOMAS	ILUMINACION	FASE A	FASE B	FASE C	PROTECCION	POTENCIA	A	B	C	POTENCIA	PROTECCION	FASE C	FASE B	FASE A	ILUMINACION	TOMAS	UBICACIÓN	CIRCUITO
1	EQUIPO DE SOLDADURA RX 330 PRO 1			21500			150	21500	■			26400	100			26400			EQUIPO DE SOLDADURA RX 520 1	2
3	EQUIPO DE SOLDADURA RX 330 PRO 2				21500		150	21500		■		26400	100		26400				EQUIPO DE SOLDADURA RX 520 2	4
5	EQUIPO DE SOLDADURA MI 250 1					18500	125	18500			■	26400	100	26400					EQUIPO DE SOLDADURA RX 520 3	6
7	EQUIPO DE SOLDADURA MI 250 2			18500			125	18500	■			2250	15			2250			COMPRESOR	8
9	EQUIPO DE SOLDADURA Rx verzion 4002 1				24200		150	24200		■		2250	15		2250				COMPRESOR	10
11	EQUIPO DE SOLDADURA Rx verzion 4002 2					24200	150	24200			■	2250	15	2250					COMPRESOR	12
13	PULIDORA MAKITA P1			2000			25	2000	■			2250	25			2250			ESMERIL	14
15	TALADRO DEWALT T1				1000		15	1000		■		1000	15		1000				TALADRO DEWALT T2	16
17	PULIDORA MAKITA P2					2000	25	2000			■	2000	25	2000					PULIDORA MAKITA P4	18
19	PULIDORA MAKITA P3			2000			25	2000	■			1000	15			1000			TALADRO DEWALT T4	20
21	ALMACEN DE VALVULAS, LABORATORIO	6			1080		15	1080		■		0							RESERVA	22
23	TALADRO DEWALT T3					1000	15	1000			■	600	15	600			6		PATIO MANIOBRAS & AREA CONSTRUCCION	24
25	ALMACEN VALVULAS, AREA CALIBRACION, LABORAROTIO		8	800			15	800	■			3020	15			3020			TABLERO_OFICINAS FA	26
27	RESERVA									■		2560	15		2560				TABLERO_OFICINAS FB	28
29	RESERVA										■	2440	15	2440					TABLERO_OFICINAS FC	30

4.6 CALCULO DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES

- Corrección por temperatura
  25°-30°
  La corriente se puede usar 1:1 teniendo en cuenta que nuestro conductor tiene un valor estipulado máximo resistente de 25A para el conductor más delgado y 115A para el conductor más grueso.

- Verificación del calibre por caída de tensión
  Para la verificación por caída de tensión se tiene en cuenta la distancia desde el tablero de distribución hasta el final del circuito, pues estas distancias afectan la tensión de tal forma que a mayor distancia tenga el circuito menor capacidad de transportar completo el voltaje, para esto se debe aumentar el calibre del conductor.

  La caída de tensión no deberá ser mayor al 3%, de lo contrario se deberá hacer la respectiva corrección aumentando el calibre del conductor, para efectos del cálculo de conductores en el presente plano se hará con ayuda de un simulador (Ecodial Advance Calculation INT V4.8, ANEXO C) en el cual aparece la siguiente tabla:

Tabla 7. Relación de carga, corriente, factor de corrección, protección asociada y calibre del conductor por circuito.

CIRCUITO	CORRIENTE	FACTOR CORRECCION 1,5	PROTECCION	CALIBRE CABLE
E. S. 520	81,6	122,4	125	1*4F 1*4T
E. S. 330	115	172,5	175	1*2F 1*4T
E. S. 250	98,9	148,35	150	1*4F 1*4T
E. S. 4002	129	193,5	200	2*4F 2*4T
compresor	6,95	10,425	15	1*12F 1*12T
pulidora 1	18,5	27,75	30	1*8F 1*8T
pulidora 2	18,5	27,75	30	1*8F 1*8T
pulidora 3	18,5	27,75	30	1*8F 1*8T
pulidora 4	18,5	27,75	30	1*8F 1*8T
taladro 1	9,3	13,95	15	1*10F 1*10T
taladro 2	9,3	13,95	15	1*10F 1*10T
taladro 3	9,3	13,95	15	1*10F 1*10T
taladro 4	9,3	13,95	15	1*10F 1*10T
almacén válvulas	10	15	15	1*4F 1*4T
laboratorio	7,41	11,115	15	1*10F 1*10T
esmeril	20,8	31,2	30	1*6F 1*6T

maniobras	5,56	8,34	15	1*10F 1*10T
tablero 2	9,3	13,95	15	1*10F 1*10T

Fuente: Elaboración propia – simulación ECODIAL.

Para verificar la regulación se realizará el cálculo de los dos circuitos más largos y si cumple se asumirá que cumple para los demás.

Circuito del Totalizador al Tablero de oficinas (circuito más largo).

$$Z_{ef} = R * cos\alpha + X_L\, sen\alpha = 5{,}65(0{,}9) + 0{,}177(0{,}43) = 5{,}99$$

$$\%V_{fase-neutro} = Z_{ef} * l(km) * I(amp) = 2{,}84 \text{ v}$$

$$\%V_{fase-fase} = \sqrt{3} * V_{fase-neutro} = \sqrt{3}\ 2{,}84\ = 4{,}92 \text{ v}$$

$$\%V_{CTO} = \frac{\%V_{fase-fase}}{V_{LL}} * 100 = \frac{2{,}92}{208} * 100 = 2{,}37\%\ \ cumple$$

Circuito de la pulidora (circuito con corriente mayor monofásico).

$$Z_{ef} = R * cos\alpha + X_L\, sen\alpha = 2{,}56(0{,}9) + 0{,}171(0{,}43) = 2{,}37$$

$$\%V_{fase-neutro} = Z_{ef} * 2 * l(km) * I(amp) = 2{,}37*2*\ 0{,}018*18 = 2{,}14$$

$$\%V_{CTO} = \frac{\%V_{fase-fase}}{V_{LL}} * 100 = \frac{2{,}14}{120} * 100 = 1{,}78\%\ \ cumple$$

Luego de este análisis se determina que los resultados de la simulación son confiables y por tanto los calibres en la Tabla anterior tiene aplicado el criterio de regulación < 3%, además se aclara que para los circuitos de oficinas teniendo en cuenta la carga se determina que el calibre es de 12 AWG.

- Capacidad de llenado tubos Conduit.

En la siguiente tabla tenemos la capacidad máxima de llenado según los calibres de los conductores y el ancho del tubo.

Figura 8. Número máximo de conductores en Tubo

CONDUIT PVC TIPO A	NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES EN TUBO (CONDUIT) SEGÚN CALIBRE						
	14 AWG	12 AWG	10 AWG	8 AWG	6 AWG	4 AWG	2 AWG
TAMAÑO COMERCIAL PULGADAS	THHN/THWN	THHN/THWN	THHN/THWN	THHN/THWN	THHN/THWN	THHN/THWN	THHN/THWN
1/2	16	11	7	4	3	1	1
3/4	27	19	12	7	5	3	1
1	44	32	20	12	8	5	3

Fuente: NTC 2050.

Sin embargo, En el capítulo 9, tabla 1 de la norma NTC 2050, se indica la máxima ocupación de los tubos.

Figura 9. Máxima ocupación de los tubos.

NÚMERO DE CONDUCTORES	UNO	DOS	MÁS DE DOS
TODOS LOS TIPOS DE CONDUCTORES	53%	31%	40%

Fuente: NTC 2050.

Dado que en nuestra instalación usaremos más de 2 conductores, por tubería Conduit entonces podremos usar una capacidad de llenado del 40%, y para una mayor cantidad de conductores por un mismo ducto usaremos tubo conduit tipo pesado (SCH 40) de 1 pulgada y de 1 pulgada y media.

4.7 EVALUACION DE RIESGO

La evaluación de riesgo se desarrolló teniendo en cuenta los tipos de riesgos presentes en la estructura según IEC 62035-2 numeral 4.1.3, estos fueron: riesgo de pérdidas humanas **R1** y luego de realizar una socialización con las partes interesadas se determinó que no se deseaba realizar el estudio de riesgo de pérdidas económicas **R4**, conforme a esto se evaluó los diferentes tipos de variables que pueden identificarse en las Figuras 10 y 11.

Para propósito de la evaluación se tuvo en cuenta la DDT[1] de la zona en 1 rayos/km2-año, Todas las indicaciones y particularidades de la evaluación de

[1] DDT - Densidad de descargas a tierra.

riesgo están descritas en el documento Anexo D y coinciden con las exigencias de la IEC 62305-2.

Figura 10. DDT en zona de influencia de Bogotá y alrededor

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4552 (Primera actualización)

ANEXO A
(Normativo)

DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA DE LAS PRINCIPALES CIUDADES Y POBLACIONES DE COLOMBIA

Ciudad		Rango de DDT (rayos / km^2 x año) para áreas de 3 km x 3 km
Arauca	Puerto Inirida	1-2
Barranquilla	Riohacha	
Bogota	San Andrés	
Bucaramanga	San José del Guaviare	
Cali	Tumaco	
Cartagena	Tunja	
Cúcuta	Valledupar	
Florencia	Villavicencio	
Ipiales	Armenia	
Leticia	Ibagué	
Mitú	Manizales	
Mocoa	Medellín	
Neiva	Montería	
Pasto	Ocaña	
Popayán	Santa Marta	
Puerto Carreño	Sincelejo	
	Yopal	

Fuente: NTC 4552 anexo A.

Figura 11. Fuentes de daño, tipos de daño y tipos de pérdidas de acuerdo con el punto de impacto del rayo.

Capítulo 6

6. ANALISIS DE RESULTADOS

Durante el proceso del proyecto se logró dar a entender los cuidados y las características que se deben tener en cuenta al momento de desarrollar las instalaciones eléctricas de algún predio o inmueble, realizando así un esquema o plano eléctrico donde se puede observar el alcance y el cumplimiento a las necesidades específicas del proyecto, que en este caso es el diseño de las redes eléctricas de la empresa R&M SOLUCIONES INTEGRALES SA, siempre estando al margen de la normatividad vigente y la seguridad tanto de las personas como de los aparatos eléctricos.

Como entregas o anexos de este documento se encuentran varias simulaciones realizadas con software especializado para dar cumplimiento a diferentes requerimientos del proyecto, de tal forma que se establecieron criterios para el manejo de los softwares trabajados y se generaron informes y documentación con la cual se corroboran datos y cálculos que tienen relación directa con el diseño de las instalaciones eléctricas.

Además se obtuvo un plano que fue posible realizar gracias a los levantamientos de información y redes existentes fruto de un trabajo de inspección realizado al inicio del proyecto con el cual se pudieron resolver algunas fallas que se presentaban en los diferentes procesos de la empresa R&M SOLUCIONES INTEGRALES SA y el cual se tomó como punto de referencia para la buena adecuación de los ductos, circuitos, tomas e iluminación y la nueva distribución de cargas adicionales o nuevas en el proyecto.

Adicionalmente se dimensionó un transformador para la totalidad de la nueva carga, ubicando las redes de media tensión cercanas y también dejando una reserva para futuras ampliaciones, al igual que se construyó un presupuesto que contempla las nuevas adecuaciones y los diferentes procesos de reconstrucción que comprende el nuevo proyecto.

Capítulo 7

7. EVALUACION Y CUMPLIMIENTO

Durante el desarrollo del proyecto se dio cumplimiento a todos los objetivos presentados en el inicio de la pasantía, en primer instancia se realizó un levantamiento de la infraestructura existente y con base en esta información se inició con el desarrollo de un plano en el cual se adaptaron las anteriores instalaciones y se adicionaron o se combinaron con nuevas rutas para dar cumplimiento tanto a las peticiones o necesidades de la empresa R&M SOLUCIONES INTEGRALES con a la normatividad vigente.

Se desarrolló un nuevo esquema de conexiones eléctricas donde se consolidaron tanto los circuitos existentes que cumplían con los requisitos como los nuevos circuitos que se anexaron para la buena distribución de cargas según el área específica y su función.

Luego de tener un diseño se realiza un el análisis de precios unitarios con el fin de estimar un presupuesto que cumpla con los estándares de calidad de la empresa R&M SOLUCIONES INTEGRALES y además esté actualizado.

Por último, se propusieron varios cambios para contribuir al buen uso de la energía, como lo fue el cambio de luminarias a lámparas de Tecnología LED y la buena distribución de las luminarias en las diferentes zonas de trabajo, la utilización de un transformador de media tensión a baja tensión y la buena distribución de circuitos y áreas de trabajo.

Capítulo 8

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Todas las instalaciones eléctricas deben contar con un diseño eléctrico avalado por un profesional que garantice la buena aplicación de las normas vigentes y además vele por la seguridad de las personas, el medio ambiente, los equipos y de las mismas instalaciones eléctricas.

Se debe tener en cuenta los materiales de los muros y techos o cielo rasos para la escogencia de los ductos, ya que la utilización del tipo de tubería depende directamente de estas condiciones y además pueden llegar a afectar drásticamente el presupuesto.

Los análisis de precios por unidad son una herramienta que facilita la realización de un balance o presupuesto y además muestra una descripción detallada de los costos directos, costos indirectos y costos administrativos de cada ítem necesario en un proyecto.

Se recomienda tener en cuenta las apreciaciones realizada en el marco de referencia y antecedentes para la implementación del proyecto, teniendo en cuenta las normas y las distintas apreciaciones para la elección de los materiales para dicha implementación,

BIBLIOGRAFÍA

[1]. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS, RETIE. 2013.
[2]. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 2050. 1998.
[3]. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO, RETILAP. 2016.
[4]. INTERNATIONAL STANDARD. PROTECTION AGAINST LIGHTING, IEC 62305-2. 2006.
[5] CODENSA. FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE DE RANGO TOTAL 17,5 KV, CTS 507.
[6] LEGRAND. PROTECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN INDUSTRIAL. CATÁLOGO, 2012-2013.
[7] CODENSA. CTU510-2 MONTAJE EN H TRAFO DE 225
[8] CODENSA. AE244 ALIMENTADORES DE BARRAJE EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN
[9] CODENSA, CONSTANTES DE REGULACION DE CABLES MT Y BT.
[10] CODENSA, CS276 CAJA DE INSPECCIÓN DOBLE PARA CANALIZACIÓN DE M.T. Y B.T.
[11] ESTUDIO PROYECTO ELÉCTRICO Y REDES COMPLEMENTARIAS, instituto colombiano de bienestar familiar – seccional Soacha. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS