



**Optimización de tiempos de ejecución y entrega de proyectos en el área de diseño de la  
empresa G&L Ingeniería Especializada**

Christian Andrés Tibanta Pepinosa

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Electricista

Asesores

Jesús María López Lezama, Doctor (PhD) y Magíster (MSc) en Ingeniería Eléctrica

Alejandro Lotero Londoño, Ingeniero Electricista

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Eléctrica

Medellín, Antioquia, Colombia

2023

Cita	Tibanta Pepinosa [1]
<b>Referencia</b>	[1] C. Tibanta Pepinosa, “Optimización de tiempos de ejecución y entrega de proyectos en el área de diseño de la empresa G&L Ingeniería Especializada, 2022, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022.
Estilo IEEE (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Noé Alejandro Mesa Quintero.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	8
ABSTRACT .....	9
I. INTRODUCCIÓN .....	10
II. OBJETIVOS .....	11
A. Objetivo general .....	11
B. Objetivos específicos .....	11
III. MARCO TEÓRICO .....	12
IV. METODOLOGÍA .....	13
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	15
VI. EJEMPLO DE APLICACIÓN .....	28
VII. CONCLUSIONES .....	34
REFERENCIAS .....	35

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

## LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Plantilla Preliminar de Organización de Proyectos en Notion

Ilustración 2. Estado y actividades a ejecutar en los proyectos.

Ilustración 3. Interfaz de usuario IEC Risk Assessment Calculator

Ilustración 4. Interfaz de Usuario CYME CYMGRD

Ilustración 5. Proyecto Casa #1 – Organización del Proyecto

Ilustración 6. Proyecto Casa #1 – Actividades en Ejecución

Ilustración 7. Diseño de tomacorrientes y cableado

Ilustración 8. Diseño de iluminación y cableado

Ilustración 9. Análisis de riesgo

Ilustración 10. Medidas de resistividad del suelo

Ilustración 11. Diseño de sistema de protección contra descargas atmosféricas

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>RETIE</b>	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
<b>NTC#</b>	Norma Técnica Colombiana - #
<b>IEEE</b>	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
<b>RETILAP</b>	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público
<b>CRC</b>	Comisión de Regulación de Comunicaciones

---

## RESUMEN

En el transcurso de la práctica académica en el área de diseño de la empresa G&L Ingeniería Especializada, se realizaron actividades enfocadas al diseño de redes eléctricas internas y externas de instalaciones residenciales, comerciales e industriales, apantallamientos, sistemas de puesta a tierra, mediciones de resistividad y trámites ante las entidades prestadoras de servicio de energía.

Teniendo en cuenta el flujo de trabajo que la empresa maneja y analizando la ejecución y entrega de los diseños se propuso la optimización de las actividades del área de diseño a través de un programa en línea de organización de proyectos llamado NOTION.

Además, se propusieron guías técnicas de los diferentes procesos que constituyen los diseños residenciales, comerciales e industriales de tal manera que al final de cada proceso se cuente con los archivos y documentos completos para su posterior entrega al cliente o a la empresa prestadora de servicio de energía.

Con la implementación de estas herramientas se logró una mejor organización en el equipo de trabajo y esto ha permitido coordinar de forma efectiva los proyectos que la empresa ha aceptado en los últimos meses.

***Palabras clave* — Diseño de Redes Eléctricas, Organización de Proyectos, Optimización de Tiempos de Entrega.**



---

ABSTRACT

During the academic practice in the design area of the company G&L Ingeniería Especializada, activities focused on the design of internal and external electrical networks of residential, commercial and industrial facilities, shielding, grounding systems, resistivity measurements and procedures before the energy service providers.

Considering the workflow that the company manages and analyzing the execution and delivery of the designs, we propose the optimization of the activities of the design area through an online project organization program called NOTION.

In addition, technical guides are proposed for the different processes that make up the residential, commercial and industrial designs so that at the end of each process the files and complete documents are available for subsequent delivery to the client or to the energy service provider.

With the implementation of these tools, a better organization of the work team has been achieved and this has allowed to effectively coordinate the projects that the company has accepted in the last months.

***Keywords* — Electrical Network Design, Project Organization, Delivery Time Optimization.**

---

## I. INTRODUCCIÓN

G&L Ingeniería Especializada S.A.S es una empresa creada en el año 2015 con el objetivo de brindar el servicio de diseño, implementación y montaje de redes eléctricas a empresas del departamento de Antioquia. En la actualidad, la empresa se encuentra muy bien posicionada en el campo de la ingeniería en todo el país y ha podido ampliar su portafolio de servicios para satisfacer las necesidades de sus clientes. En 16 de mayo de 2022, el practicante ingresa a la empresa G&L Ingeniería Especializada S.A.S. como apoyo técnico en el área de diseño.

Durante la primera semana dentro del área de diseño, el practicante se percató del gran flujo de trabajo que esta área recibe, por lo cual considera que la empresa está en un punto de expansión o crecimiento que requiere de una organización más dinámica, de tal manera que pueda brindar una mejor atención a sus clientes. En la segunda semana, el practicante se reúne con el ingeniero a cargo del área de diseño para proponer la organización de proyectos a través de herramientas en línea con el fin de recopilar información relevante al momento de recibir, diseñar y entregar los proyectos a los clientes en un tiempo apropiado y con toda la información completa.

La propuesta realizada por el practicante es acogida favorablemente debido a que el área de diseño lo requiere de manera inmediata. Posteriormente, se realizó una socialización con los ingenieros a cargo de la empresa obteniendo de esta manera el visto bueno. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, se pretende enfocar este trabajo de grado en tres aspectos importantes:

- Organización interna de proyectos
- Creación de guías técnicas
- Ejecución en el área de diseño

Para dar cumplimiento a estos aspectos se utilizará una aplicación en línea de organización de proyectos llamada NOTION. Además, se hará uso de Word, Excel, otros programas de ingeniería y herramientas en línea de ser necesario. En NOTION se estructurará la información actual de la empresa y se tendrá espacio para incluir las guías técnicas de los diferentes procesos que conforman los proyectos y procesos, a medida que se realice la organización de estos proyectos se intentará acoplar el sistema a toda la empresa.

Con este trabajo de grado se esperan resultados relevantes e importantes con los cuales se pueda optimizar el trabajo y proyectar el crecimiento de la empresa, haciendo que esta esté acorde a las necesidades del mercado energético del país. Como practicante de ingeniería eléctrica se tienen altas expectativas de contribuir al crecimiento y desarrollo de la empresa y a la adquisición de conocimientos para que de esta manera se pueda cumplir con los objetivos de este trabajo de grado.

---

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Implementación del software NOTION para la estandarización y organización de proyectos en el área de diseño mediante la aplicación y desarrollo de procesos técnicos y normativos en busca de la optimización en los tiempos de ejecución y entrega de proyectos.

### *B. Objetivos específicos*

- Consolidar la información relacionada con los proyectos que la empresa está desarrollando y ejecutando en el presente año.
- Crear guías técnicas de los diferentes tipos de proyectos y trámites.
- Validar las guías técnicas en diferentes proyectos asignados para comprobar su eficiencia y realizar ajustes y optimizaciones.
- Condensar toda la información relevante sobre los proyectos y sus procesos en las aplicaciones en línea y programas utilizados.

---

### III. MARCO TEÓRICO

A lo largo del tiempo las instalaciones eléctricas de uso residencial, comercial e industrial se han ido adaptando a las normas y reglamentos técnicos con el objetivo de establecer medidas que garanticen la seguridad de los usuarios y la preservación del medio ambiente. En Colombia existe el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE [1], el cuál es un documento de obligatorio cumplimiento y la norma técnica colombiana NTC-2050 [2] el cuál es un documento de cumplimiento opcional, sin embargo, el RETIE hace obligatorio el cumplimiento de los siete primeros capítulos de la NTC-2050 [3]. Para los sistemas de puesta a tierra se debe cumplir con el reglamento RETIE sin embargo se ha adoptado el procedimiento expuesto en la norma IEEE Std 80-2013 *Guide for Safety in AC Substation Grounding* [4] debido a que es una norma bastante acertada en cuanto a procesos y cálculos para sistemas de puesta a tierra.

En cuanto a los sistemas de apantallamiento y análisis de riesgo también debe cumplirse con el reglamento RETIE, pero además se cuenta con las normas NTC-4552:1 [5], NTC-4552:2 [6] y NTC-4552:3 [7] la cual tiene tres partes en las cuales se desglosa la información pertinente para el análisis de riesgo y para el sistema de protección contra descargas atmosféricas. En cuanto a la iluminación, se tiene el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP [8] y para redes internas de telecomunicaciones se tiene la resolución CRC 5405 de 2018 [9] y CRC 5993 de 2020 [10].

Una correcta aplicación de las normas y reglamentos nos permiten cumplir con los requisitos establecidos para los diseños eléctricos y, además, garantizan agilidad y aprobación oportuna de los mismos en el momento en que se ingresan para aprobación en las empresas prestadoras de servicios de energía. Teniendo en cuenta la información anterior, respecto a normas y reglamentos, es importante tener en cuenta que un correcto manejo de información en los procesos correspondientes al diseño, ejecución y entrega final de proyectos es de suma importancia en las empresas debido a que esto les permitirá satisfacer los requerimientos de sus clientes, minimizar errores y manejar plazos de entrega apropiados con resultados exitosos.

Para la organización de los procesos es necesario adquirir conocimientos sobre las actividades y los trámites que están relacionados con el proyecto, de esta manera, se podrá tener una guía para ejecutar las actividades de forma ordenada, acertada y cumpliendo con los requerimientos tanto del cliente como de la normatividad vigente. Para dicha organización existen programas con sincronización en línea que pueden facilitar la estandarización de procesos y la optimización del tiempo, para propósitos de este proyecto de grado se utilizará el software NOTION [11] que es un software de gestión de proyectos y toma de notas, es un programa que permite a los miembros de una empresa u organización coordinar plazos, objetivos y asignaciones teniendo como objetivos la eficiencia y la productividad. La asignación y ejecución de proyectos y la experiencia de los ingenieros a cargo del área de diseño nos permitirán recopilar información relevante y precisa sobre el qué hacer en cada proyecto y como ejecutarlo correctamente de inicio a fin.

---

#### IV. METODOLOGÍA

A continuación, se plantean los pasos a seguir para cumplir con los objetivos mencionados anteriormente:

**Actividad 1:** Identificar un problema relacionado con los proyectos en el área de diseño.

**Actividad 2:** Convocar a una reunión con el jefe del área de diseño y proponer una posible solución al problema.

**Actividad 3:** Convocar a una reunión con los jefes de la empresa para obtener el visto bueno de la propuesta.

**Actividad 4:** Recopilar información de los proyectos y los procesos que estos implican para el diseño, ejecución y entrega final, esta recopilación de información se realizará mediante la ejecución de proyectos asignados al practicante por el jefe encargado del área de diseño y también de los jefes de la empresa.

**Actividad: 5:** Convocar a una reunión con el equipo de trabajo para recopilar ideas que aporten en la consecución del documento en línea.

**Actividad: 6:** Recibir capacitación sobre el software de análisis de riesgo *IEC Risk Assessment Calculator* y el software de sistemas de puesta a tierra *CYME CYMGrd*.

**Actividad 7:** Crear un documento piloto en línea con la información recopilada en los proyectos asignados y ejecutados por el área de diseño, de tal manera que se pueda iniciar con la organización de estos con base en la información recopilada por el practicante al momento de diseñar, ejecutar y entregar las actividades asignadas por el jefe de diseño.

**Actividad 8:** Incorporar y explicar el documento en línea al equipo de diseño para generar un mejor control de los procesos en el área de diseño.

**Actividad 9:** Crear guías técnicas de los diferentes tipos de proyectos asignados y también de los diferentes trámites internos y externos que los proyectos requieren, teniendo en cuenta la información recopilada durante el desarrollo de las actividades dentro de la empresa.

**Actividad 10:** Convocar a una reunión con el equipo de trabajo para recopilar información, dudas, aportes e inquietudes sobre el documento en línea.

**Actividad 11:** Actualizar el documento en línea teniendo en cuenta los diferentes procesos que pueden optimizarse y las posibles correcciones que se hagan.

**Actividad 12:** Capacitar al equipo de trabajo en el manejo del documento en línea con el fin de dinamizar el proceso de ingreso, ejecución y entrega de proyectos.

**Actividad 13:** Verificar el funcionamiento del documento en línea y monitorear el impacto que esta organización de proyectos ha tenido en el área de diseño y en la empresa.

**Actividad 14:** Realizar una socialización con el equipo de trabajo de tal manera que se puedan recopilar dudas e inquietudes para ajustar el documento en línea en aras de obtener una versión más sólida.

**Actividad 15:** Recopilar la información obtenida en ejecuciones de proyectos, salidas de campo, capacitaciones, trámites ante empresas prestadoras de energía eléctrica, con el fin de realizar informes, actas y documentos de entrega para la preparación del trabajo de grado final y el cierre de la práctica académica.

---

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados y el análisis de los pasos a seguir para cumplir con las actividades mencionadas anteriormente:

### **Actividad 1: Identificar un problema relacionado con los proyectos en el área de diseño.**

El área de diseño de la empresa G&L Ingeniería Especializada recibe proyectos relacionados con redes internas, redes externas, telecomunicaciones, sistemas de puesta a tierra y apantallamiento. Al analizar el flujo de trabajo que tiene la empresa actualmente me pude dar cuenta de que todos los proyectos que llegan al área de diseño no tienen una asignación de tiempo específica para su ejecución, este aspecto produce desorden y caos tanto en la asignación de tareas como en la entrega de los diseños a los clientes.

Teniendo en cuenta esta situación propuse la utilización de alguna herramienta en línea que permitiera organizar los proyectos y los tiempos de entrega de estos, esa fue la idea básica que después tomó forma de proyecto de grado ya que dentro de la organización de los diversos proyectos es posible desarrollar y aplicar el conocimiento académico mediante la creación y ejecución de guías técnicas de los procesos y actividades que el área de diseño ejecuta.

La herramienta en línea que se utilizará para la organización de proyectos es NOTION.

### **Actividad 2: Convocar a una reunión con el jefe del área de diseño y proponer una posible solución al problema.**

El jefe del área de diseño cuenta con mucha experiencia y conocimiento sobre los proyectos que la empresa recibe y ejecuta, es el encargado de recibir, ejecutar y redireccionar las actividades al equipo de trabajo. Durante algún tiempo el jefe de diseño había contemplado la necesidad de organizar el área de diseño, pero debido al flujo de trabajo que la empresa ha tenido a lo largo de todos estos años ha sido una actividad que no se pudo ejecutar por completo.

Mi idea fue acogida de forma positiva por el jefe del área de diseño y posteriormente me recomendó estructurar mejor la idea para extender la idea a los jefes de la empresa para implementar y ejecutar las actividades necesarias para optimizar tiempo de ejecución y entrega de proyectos.

### **Actividad 3: Convocar a una reunión con los jefes de la empresa para obtener el visto bueno de la propuesta.**

Con la idea estructurada y el visto bueno del jefe del área de diseño se concretó una reunión con los jefes para exponer mi idea. Durante esta reunión también estuvo presente el jefe del área

de diseño, el cuál expuso la necesidad de organizar el área de diseño y me apoyó en el momento en el que expuse la idea y los beneficios que esto podría traer en un futuro cercano.

Los jefes de la empresa se dieron cuenta de que la idea y el enfoque que le estaba dando a esta comprenden un trabajo enriquecedor tanto para la empresa como para mi desarrollo académico y profesional motivo por el cuál accedieron y aprobaron la idea para mejorar el área de diseño y posteriormente aplicarlo a las demás dependencias de la empresa.

**Actividad 4: Recopilar información de los proyectos y los procesos que estos implican para el diseño, ejecución y entrega final, esta recopilación de información se realizará mediante la ejecución de proyectos asignados al practicante por el jefe encargado del área de diseño y también de los jefes de la empresa.**

El jefe del área de diseño me proporcionó dos archivos de Excel en los cuáles había intentado condensar la información correspondiente a proyectos y clientes, estos archivos me sirvieron como referencia para desarrollar una plantilla preliminar en NOTION.



Ilustración 1. Plantilla Preliminar de Organización de Proyectos en NOTION.

En la Ilustración 1 se expone el documento piloto que fue desarrollado en el programa NOTION, este documento posee varias páginas en las cuáles se ha condensado la información de los proyectos. La ventaja de este programa es que dentro de cada proyecto es posible crear una nueva página con varias propiedades en las cuales se puede tener una visión general del proyecto, sus requerimientos y las actividades que se deben realizar en un tiempo determinado, en este caso, los procesos de diseño tendrán 15 días hábiles como plazo de entrega.





Aa Proyectos	Estado	Actividades
Casa #1	En Proceso	Tomacorrientes Iluminación Memorias de Cálculo Telecomunicaciones Documentación RETIE
Edificio #1	En Pausa	Documentación RETIE
Bodega #1	Terminado	Apantallamiento Informe de Apantallamiento

Ilustración 2. Estado y actividades a ejecutar en los proyectos.

En la Ilustración 2 se muestra una tabla con algunos proyectos de redes internas, en esta tabla podemos asignar el estado del proyecto, las actividades a realizar, también es posible seleccionar la fecha en la cual se recibe el proyecto y la fecha en la cual se ha iniciado su ejecución en el área de diseño, entre otras propiedades.

Es importante tener en cuenta que se definió un tiempo de 15 días hábiles para la ejecución de proyectos de diseño, este tiempo tan solo contempla el diseño de los proyectos por lo que el tiempo de ingreso a EPM (proyectos de redes externas) se tendrá que optimizar más adelante.

**Actividad: 5: Convocar a una reunión con el equipo de trabajo para recopilar ideas que aporten en la consecución del documento en línea.**

Durante este proceso de recopilación de datos y posteriormente la actualización del documento piloto le pedí al equipo de trabajo del área de diseño y a mis jefes que realizaran comentarios, aportes, ideas sobre el documento y la manera en la cual podríamos mejorarlo y obtuve la siguiente retroalimentación:

- Capacitar al equipo de trabajo en la creación de cuentas, ingreso y manejo del programa NOTION y de la base de datos en línea.
- Incluir alarmas o recordatorios de entrega de proyectos contados a partir de la fecha de ingreso del proyecto a la base de datos en NOTION.
- Adicionar páginas correspondientes a puntos de conexión, reevaluaciones de puntos de conexión, ingresos a EPM con sus respectivos comentarios y alarmas o recordatorios.

- Dar acceso a los jefes de tal manera que puedan editar la base de datos a medida que los proyectos ingresen.
- Enlazar el área de diseño con el área administrativa para la verificación de pago de anticipos de los proyectos.
- Llevar un control de los proyectos que cada integrante del equipo de trabajo tiene asignados y están pendientes de revisión, están en pausa o están en ejecución.

**Actividad: 6: Recibir capacitación sobre el software de análisis de riesgo IEC Risk Assessment Calculator y el software de sistemas de puesta a tierra CYME CYMGrd.**

En las primeras actividades que me fueron asignadas aprendí a realizar análisis de riesgo para determinar si una edificación, sea casa o edificio, requiere o no de un sistema de protección contra descargas atmosféricas, es por esta razón que en el área de diseño se tuvo una serie de reuniones en las cuáles me instruyeron en el uso y manejo de los mencionados programas.

A continuación, se muestra información relevante de cada programa:

• **IEC RISK ASSESSMENT CALCULATOR**

The screenshot displays the IEC Risk Assessment Calculator interface, organized into several sections:

- Dimensiones de la estructura:** Includes input fields for length (20m), width (20m), height (40m), and area (55,239 m²).
- Características de la estructura:** Includes dropdowns for fire risk (Normal), effectiveness (Media), and internal cabling (No apantallado).
- Influencias ambientales:** Includes dropdowns for situation (Estructura aislada), environment (Urbano), and lightning density (3.0 flashes/km²).
- Líneas de conducción eléctrica:** Includes dropdowns for cable type (Cable enterrado), external cable type (No apantallado), and transformer existence (Sin transformador).
- Otros servicios aéreos:** Includes dropdowns for number of services (0) and external cable type (No apantallado).
- Otros servicios enterrados:** Includes dropdowns for number of services (0) and external cable type (No apantallado).
- Medidas de protección:** Includes dropdowns for SPCFR class (Nivel IV), fire protection (Sin medidas), and surge protection (Sin protección).
- Tipos de las pérdidas:** Four categories (Tipo 1-4) with dropdowns for specific loss types like human lives, essential services, cultural heritage, and economic losses.
- Riesgos calculados:** A table summarizing the calculated risks for each category.

Riesgo calculado (Da)	Riesgo imp. desde Da	Riesgo imp. debido Da	Riesgo calculado (Da)
Pérdidas de vidas humanas: 1.00E-05	8.30E-05	1.48E-04	2.31E-04
Pérdidas de serv. públicos: 1.00E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pérdidas de patrimonio: 1.00E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pérdidas económicas: 1.00E-03	2.49E-04	7.76E-04	1.02E-03

Ilustración 3. Interfaz de usuario IEC Risk Assessment Calculator

El programa cuenta con las siguientes secciones:

- Dimensiones de la estructura
- Características de la estructura
- Influencias ambientales
- Líneas de conducción eléctrica

- Medidas de protección
- Tipos de las pérdidas
- Riesgos calculados

Cada una de las anteriores secciones debe modificarse según el tipo de proyecto que se esté analizando y es necesario tener muy presente que en ocasiones el programa puede arrojar resultados que indiquen que el sistema no requiere de un sistema de protección contra descargas atmosféricas, pero como criterio de diseño se debe sugerir la instalación de dicho sistema para proteger a las personas, equipos y el factor económico asociados al proyecto que está relacionado con los daños a equipos de no tener un sistema de protección contra descargas atmosféricas.

Para el análisis de riesgo se simula la estructura sin ninguna medida de protección y posteriormente se realiza la simulación con las medidas de protección, en este caso, las medidas de protección corresponden a un SPCR Nivel 4, con protección contra incendios y sobretensiones.

Es importante analizar que el software está basado en normas IEC y para el caso de Colombia toda la información correspondiente a el análisis de sistemas de protección contra descargas atmosféricas está basado en la norma NTC 4552 en sus módulos 1, 2 y 3.

- **CYME CYMGRD**

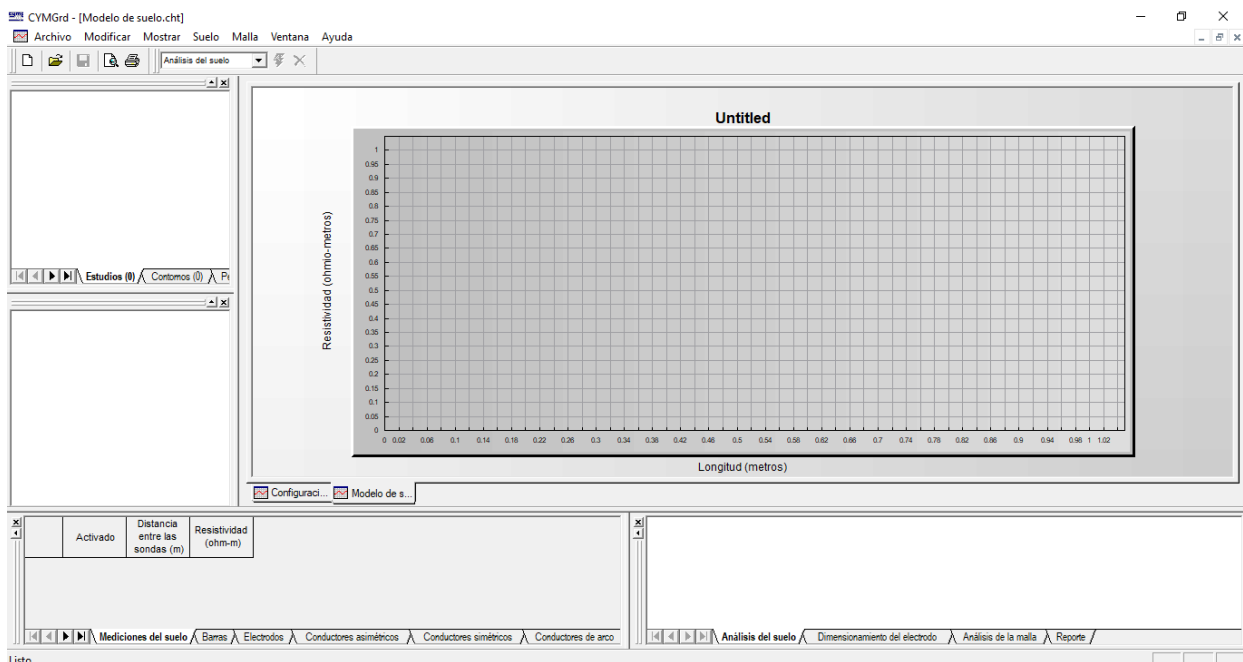


Ilustración 4. Interfaz de Usuario CYME CYMGRD

Una vez realizado el análisis de riesgo para la estructura se procede a realizar la simulación del sistema de protección contra descargas atmosféricas a través de CYME CYMGRD.

Para proceder con la simulación es necesario contar con las mediciones de resistividad del terreno ya que de los resultados del análisis del suelo dependerá si el sistema es robusto o es sencillo. Por lo general se trabajan tres configuraciones:

- Varilla
- Varilla con contrapeso
- Anillo inferior

Para realizar un correcto dimensionamiento del sistema de protección contra descargas atmosféricas debemos tener en cuenta los valores máximos de resistencia de puesta a tierra adoptados de las normas técnicas IEC 60364-4-442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050 Y NTC 4552.

<b>Aplicación</b>	<b>valores máximos de resistencia de puesta a tierra</b>
Estructuras de líneas de transmisión (y metálicas o con cable de guarda de distribución)	20 $\Omega$
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 $\Omega$
Subestaciones de media tensión	10 $\Omega$
Protección contra rayos	10 $\Omega$
Neutro de acometida en baja tensión	25 $\Omega$

Tabla 1. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra.

El objetivo de diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas es obtener un valor inferior a **10 $\Omega$** , cuando el terreno es bueno, por lo general se instala una varilla en cada bajante, cuando el suelo tiene una resistividad moderada, por lo general se instala una varilla con contrapeso, cuando el terreno tiene una resistividad mala, por lo general se instala un anillo inferior pero es posible que sea necesario utilizar contrapesos en las varillas de cada bajante si el terreno es bastante malo.

**Actividad 7: Crear un documento piloto en línea con la información recopilada en los proyectos asignados y ejecutados por el área de diseño, de tal manera que se pueda iniciar con la organización de estos con base en la información recopilada por el practicante al momento de diseñar, ejecutar y entregar las actividades asignadas por el jefe de diseño.**

Se muestra el documento piloto en línea, se han creado diferentes secciones en las cuales se está condensando la información de los proyectos que la empresa está ejecutando en el presente año.

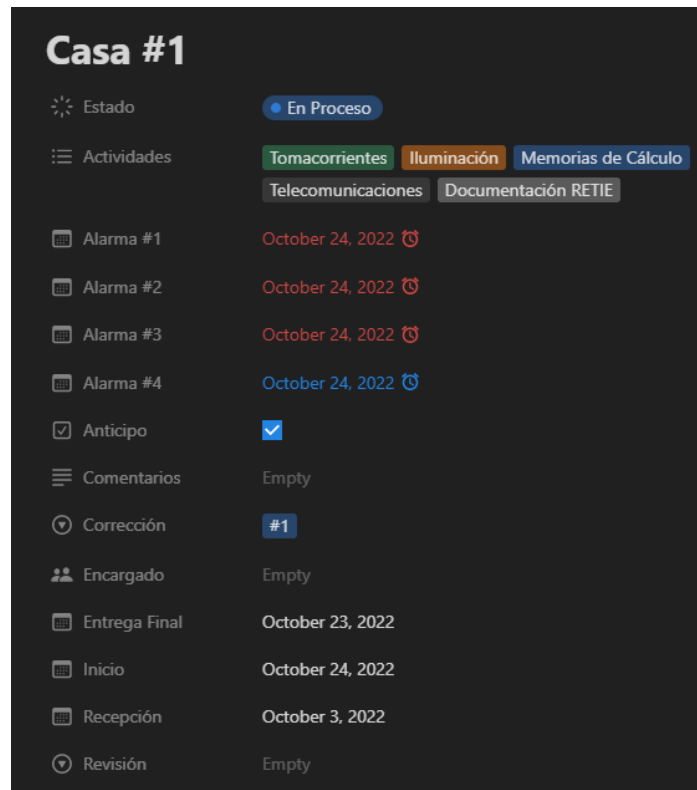


Ilustración 5. Proyecto Casa #1 - Organización del Proyecto

En la Ilustración 5 se muestra un proyecto y sus diferentes ítems y propiedades que se actualizarán a medida que el proyecto se ejecute, las alarmas del proyecto se fijan una semana antes, 2 días antes, 1 día antes y el día de la entrega a las 9am de la mañana.

Los elementos que se integraron en la base de datos para Redes Internas son los siguientes:

- **Proyectos:** Se asigna el nombre del proyecto.
- **Estado:**
  - No Empezado
  - En Pausa

- Revisión Interna
- Revisión Externa
- En Proceso
- Terminado
- **Actividades:** Se asignan los diferentes procesos de diseño que requiera el proyecto.
- **Recepción:** Fecha en la que se recibe el proyecto
- **Anticipo:** Caja de chequeo para dar comienzo al proceso de diseño.
- **Alarma #1:** Se establece la fecha de entrega del proyecto y se genera la alarma una semana antes.
- **Alarma #2:** Se establece la fecha de entrega del proyecto y se genera la alarma dos días antes.
- **Alarma #3:** Se establece la fecha de entrega del proyecto y se genera la alarma un día antes.
- **Alarma #4:** Se establece la fecha de entrega del proyecto y se genera la alarma a las 9:00AM del día de entrega.
- **Entrega Final:** Fecha en la que se entrega el proyecto en su totalidad.
- **Revisión:** Se define el número de revisión a la cuál ha sido sometido el proyecto
- **Corrección:** Se define el número de revisiones que se le ha realizado al proyecto solicitadas por el cliente, se darán 2 correcciones generales dentro de la cotización de diseño.
- **Encargado:** Persona a la que se le asigna el proyecto.
- **Comentarios:** Se redactan las novedades que tiene el proyecto y en el caso de existir dudas serán atendidas por el jefe de diseño de manera oral o escrita.

**Actividad 8: Incorporar y explicar el documento en línea al equipo de diseño para generar un mejor control de los procesos en el área de diseño.**

Se incorporó al equipo de trabajo al documento piloto en línea en NOTION, el equipo de trabajo puede editar las secciones que este documento tiene de tal manera que se pueda añadir comentarios o realizar chequeos de los procesos en los proyectos que sean asignados por el jefe de diseño o los jefes de la empresa. El jefe del área de diseño y mis compañeros de trabajo se han acoplado muy bien a este programa y han logrado manejar y ejecutar las tareas asignadas, se ha logrado una revisión de los proyectos más ágil y cada uno de los integrantes del equipo de trabajo realiza las actividades que se encuentran en la página de “Actividades en Ejecución”.

En esta sección “Actividades en Ejecución” se creó una base de datos con visualización de tablero en la cual se tendrán las actividades y se clasificarán en tres grupos que son:

- To-do
- In Progress
- Complete

Las actividades se organizarán automáticamente teniendo en cuenta la asignación que le demos dentro de sus propiedades, estas propiedades son las siguientes:

- Not Started
- Paused
- Urgent
- In Progress
- To Check
- To Send
- Done

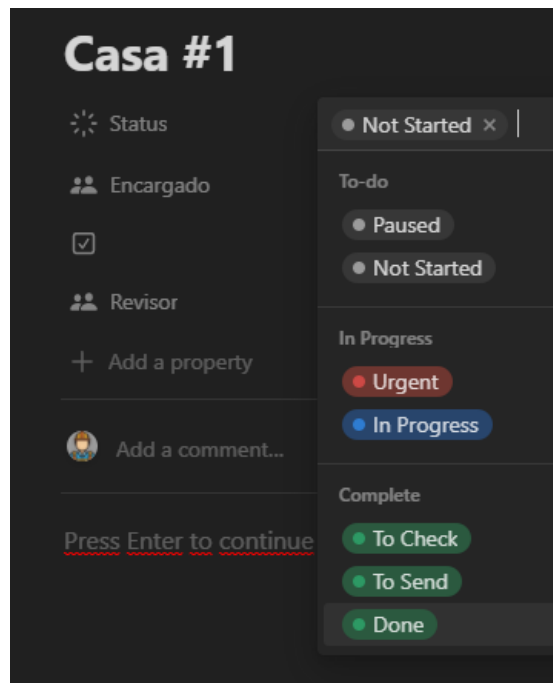


Ilustración 6. Proyecto Casa #1 – Actividades en Ejecución.

Se agrega el encargado del proyecto y cuando se tenga listo el proyecto se procede a etiquetar al jefe de departamento para que realice la revisión, se podrá etiquetar y el se encargará de activar la palomita del chequeo o se podrá asignar un recordatorio para realizar la revisión.

---

**Actividad 9: Crear guías técnicas de los diferentes tipos de proyectos asignados y también de los diferentes trámites internos y externos que los proyectos requieren, teniendo en cuenta la información recopilada durante el desarrollo de las actividades dentro de la empresa.**

La actividad anteriormente mencionada constituye una parte muy importante de mi trabajo de grado ya que aquí se condensa información relevante sobre la forma en la cual se abordan los proyectos y procesos.

En la ejecución de dicha actividad se han logrado identificar procesos que pueden optimizarse y se han logrado corregir algunos errores relacionados con formatos de solicitud de procesos, formatos de entrega de proyectos, entregables de proyectos e ítems correspondientes al proceso de inicio a fin del diseño de un proyecto.

A continuación, ilustraré algunos de los procesos que diariamente se ejecutan en la empresa y que a través de las guías técnicas se ha logrado optimizar tiempos de ejecución y entrega tanto de proyectos:

## **SOLICITUD DE INGRESO PARA REVISIÓN DE PROYECTOS (EPM) – REDES EXTERNAS**

### **Parte #1**

- Ingresamos al portal de EPM
- Transacciones rápidas
- Solicitudes de energía, gas y agua para constructores
- Iniciamos sesión (Los datos del solicitante ya se encuentran previamente diligenciados de tal manera que hay campos que no se tendrán que rellenar)
- Seleccionamos el tipo de cliente, en este caso sería “Empresa – Instalador Electricista”
- Aceptar, guardar y continuar.

### **Parte #2**

- Detalle de solicitud: Ingreso de proyecto nuevo (Cuando es un proyecto existente debemos ingresar el número del proyecto y se solicita la revisión)
- Se anexan documentos pertinentes en formato .pdf, los planos en .dwf y documento de Word en .docx:
- Formato de revisión de proyectos
- Cupón de pago
- Derechos de ingreso (Punto de conexión con niveles de cortocircuito)
- Contrato (Cuando es un aumento de capacidad)
- Memorias de cálculo en caso de que sean necesarias



- Permisos de servidumbre
- Plano de Redes Externas
- Si es proyecto nuevo (Licencia de construcción, cédula de propietario, libertad y tradición)
- Verificamos que todos los archivos se hayan cargado con éxito
- Guardamos y continuamos

Finalmente nos llegará un correo con el número de radicado, a partir de esa fecha EPM tendrá 15 días hábiles para realizar la revisión del proyecto.

### **SOLICITUD PUNTO DE CONEXIÓN (EPM)**

- Número de EPM 604-4444115
- Carga demandada por el proyecto
- Datos del electricista a cargo del proyecto
- Cédula
- Matrícula
- Celular
- Dirección del proyecto
- Contrato o cuenta de servicios del vecino
- Datos del propietario
- NIT
- Cédula
- Nombre
- Celular
- Correo de respuesta: Correo de la empresa
- Definir si el tráfico es monofásico o trifásico
- Tipo de uso residencial, comercial o industrial
- En ocasiones se solicita montaje de gabinete o transformador, calibre de acometida
- Número de usuarios

Finalmente tendremos que esperar 7 días hábiles para la respuesta del punto de conexión en la zona urbana, para la zona rural se esperan 12 días hábiles

### **PROYECTO: EDIFICIO RESIDENCIAL CON LOCAL COMERCIAL**

#### **REVISIÓN INICIAL**

- Plano arquitectónico completo
- Disposición de cuartos técnicos
- Buitrones

---

## ENTREGABLES

- Redes Internas:
- Tomacorrientes
- Iluminación
- Ascensor/es
- Bombas
- Sistema de Puesta a Tierra
- Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas
- Sistema de Red Contra Incendios
- Sistema de Aire Acondicionado
- Memorias de Cálculo
- Documentación RETIE

### **Actividad 10: Convocar a una reunión con el equipo de trabajo para recopilar información, dudas, aportes e inquietudes sobre el documento en línea.**

Se realizaron varias reuniones con el equipo de trabajo en las cuales se recopiló información correspondiente a nuevos proyectos por agendar, se resolvieron dudas respecto al manejo y utilización de las bases de datos del documento en línea y se recibieron aportes los cuales tenían que ver con alarmas y con la integración de otras dependencias de la empresa.

### **Actividad 11: Actualizar el documento en línea teniendo en cuenta los diferentes procesos que pueden optimizarse y las posibles correcciones que se hagan.**

El documento en línea se ha ido optimizando de manera que todas las dependencias de la empresa puedan estar más enfocados en los procesos correspondientes a diseños, cobros, cotizaciones, actividades pendientes y por programar.

Las diferentes opciones añadidas a las bases de datos correspondientes a los proyectos permiten una mejor visualización de las actividades por cumplir y de los tiempos límite para realizar las entregas. Esto ha permitido a la empresa tener un mejor manejo y control de las diversas actividades y procesos relacionados con los proyectos.

### **Actividad 12: Capacitar al equipo de trabajo en el manejo del documento en línea con el fin de dinamizar el proceso de ingreso, ejecución y entrega de proyectos.**

Se realizaron algunas reuniones con el fin de explicar y resolver dudas sobre el manejo del documento en línea y el diligenciamiento de las diferentes propiedades que se encuentran en las bases de datos.

---

**Actividad 13: Verificar el funcionamiento del documento en línea y monitorear el impacto que esta organización de proyectos ha tenido en el área de diseño y en la empresa.**

El documento funciona de manera adecuada, las alarmas funcionan de forma correcta y constantemente se está modificando el estado de los proyectos en ejecución de tal manera que todo tenga un orden, además, el jefe de diseño y la gerencia administrativa tienen un control de lo que se está realizando en la programación de la semana y los procesos de cada proyecto se encuentran evidenciados en el documento en línea.

**Actividad 14: Realizar una socialización con el equipo de trabajo de tal manera que se puedan recopilar dudas e inquietudes para ajustar el documento en línea en aras de obtener una versión más sólida.**

Se presenta el documento en línea en su versión más completa, el equipo de trabajo se acopla a este documento en línea y se ejecutan los proyectos teniendo en cuenta las diferentes opciones condensadas en el documento en línea.

**Actividad 15: Recopilar la información obtenida en ejecuciones de proyectos, salidas de campo, capacitaciones, trámites ante empresas prestadoras de energía eléctrica, con el fin de realizar informes, actas y documentos de entrega para la preparación del trabajo de grado final y el cierre de la práctica académica.**

El documento de NOTION funciona bien y cumple con los objetivos, las guías son acertadas y se ha logrado optimizar el diseño y entrega de proyectos al igual que los procesos.

---

## VI. EJEMPLO DE APLICACIÓN

El miércoles 1 de Septiembre de 2022 llega al correo de la empresa una solicitud de cotización para el diseño de un proyecto residencial, es una casa campestre, con algunos requerimientos y cargas especiales debido a que el dueño quiere añadir elementos lujosos al inmueble.

Posteriormente a la llegada de esta cotización, el jefe del área de diseño revisa el plano proporcionado por el cliente y el área administrativa se encarga de generar la cotización en la cuál se especifican los procesos de diseño que serán realizados para cumplir con los requerimientos del cliente.

Los procesos de diseño a los cuales se someterá el proyecto son los siguientes:

- Diseño de redes eléctricas para tomacorrientes de uso general y equipos especiales
- Diseño de redes eléctricas de iluminación
- Cableado eléctrico
- Cuadro de cargas
- Diagrama Unifilar
- Medida de Resistividad
- Informe y Diseño de Sistema de Puesta a Tierra
- Evaluación y análisis de Riesgo contra rayos por descargas eléctricas atmosféricas NTC4552-2 e IEC-62305-2
- Documentación RETIE

Es muy importante tener en cuenta que después de realizar la evaluación y análisis de riesgo contra descargas atmosféricas se determinará si el proyecto necesitará diseño de sistema de protección externa contra descargas atmosféricas. Y también tener en cuenta que si la carga de este proyecto en términos de corriente requiere la utilización de un cable en la acometida #2/0 necesitará proyecto de redes ante la entidad prestadora de servicio de energía, en este caso, EPM.

Ese mismo día se procede a enviar la cotización del proyecto el cuál fue aprobado el viernes 2 de Septiembre con su respectivo adelanto el cuál permite al jefe de diseño realizar el agendamiento del proyecto.

El proyecto entra en la agenda para la semana siguiente iniciando el proceso de diseño el lunes 5 de Septiembre y con fecha de entrega 15 días después, es decir, el viernes 23 de Septiembre. Es importante tener claro que los 15 días son días hábiles.

Se define el cronograma de actividades de la siguiente manera:

- Diseño de Tomas y cableado – **2 días**
- Diseño de Iluminación y cableado - **2 días**
- Cuadro de Cargas, evaluación de Riesgo - **1 día**
- Medida de Resistividad, diseño de Puesta a Tierra - **2 días**

El proyecto requiere sistema de protección contra descargas atmosféricas, por lo tanto, la programación continua de la siguiente manera:

- Diseño de Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas - **2 días**
- Planos de construcción - **2 días**
- Memorias de cálculo para apantallamiento, cantidades de obra - **1 día**
- Memorias de cálculo del proyecto, documentación RETIE, declaración de responsabilidad, matrícula profesional – **3 días**

El viernes 23 de Septiembre se procede a enviar el proyecto y los documentos pertinentes para la revisión y retroalimentación por parte del cliente, se realizan las modificaciones de ser necesarias y se da por finalizado el proceso de diseño para ese proyecto.

A continuación, se presenta de manera simplificada el proceso de diseño para este proyecto:

El proyecto contempla una casa campestre de lujo la cual tiene un área construida muy grande, se mostrará una zona de la casa para poder apreciar de forma clara el proceso.

- **Diseño de Tomas y cableado**

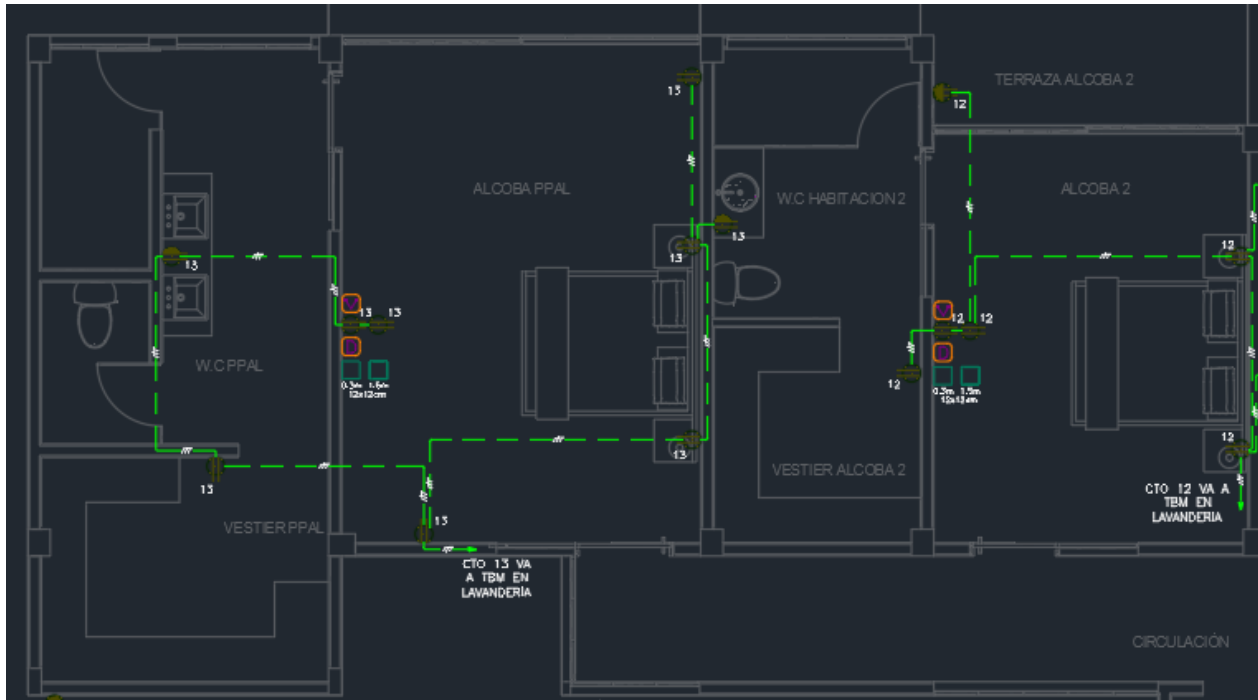


Ilustración 7. Diseño de tomacorrientes y cableado.

- **Diseño de Iluminación y cableado**

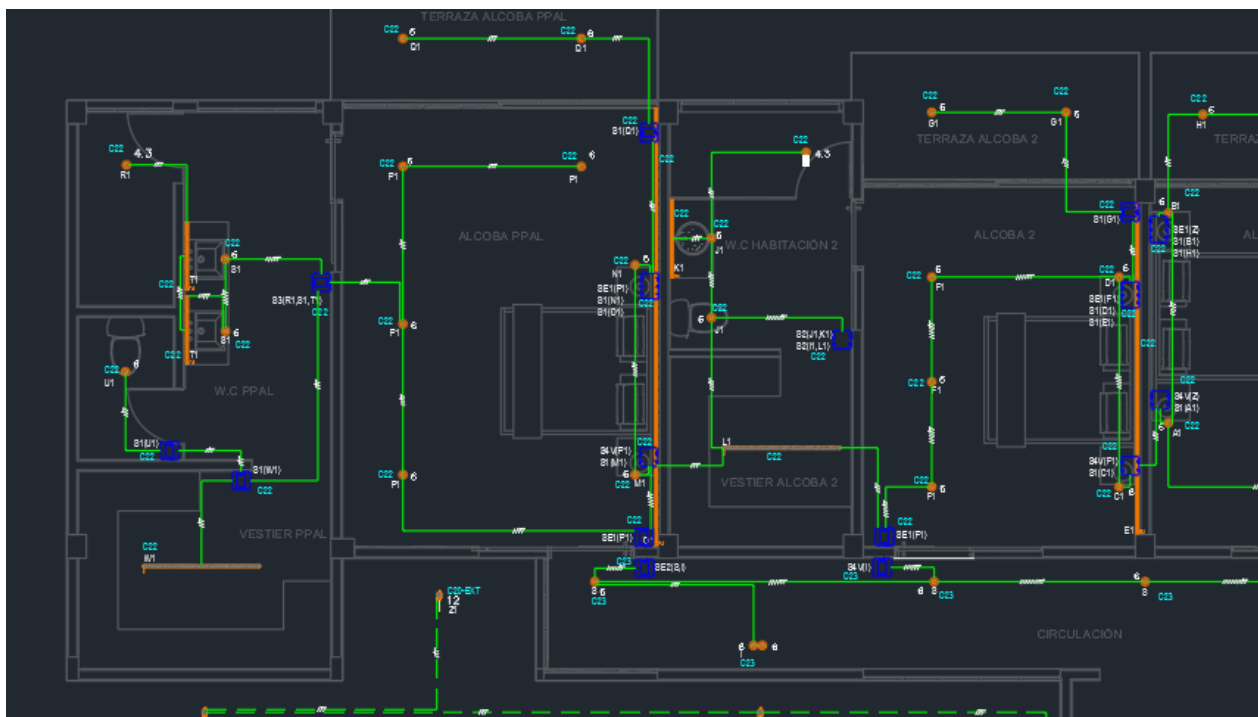


Ilustración 8. Diseño de iluminación y cableado.

• **Cuadro de Cargas, evaluación de Riesgo**

Se realiza el cuadro de cargas del proyecto el cuál requiere un tablero bifásico de 32 circuitos, 240/120, 2F,4H ya que se están ocupando 24 circuitos y se deben dejar circuitos de reserva, en este caso no equipados. El calibre de la acometida de este proyecto, para una carga demandada de 20265VA, es 2No.2+1No.4+1No.6 AWG-THHN con temperatura nominal de diseño a 75°C, protección de 2X100A. La evaluación de riesgo para este proyecto nos arroja un resultado en rojo para pérdidas de vidas humanas lo cuál indica que el sistema de descarga contra descargas atmosféricas es necesario y debe diseñarse.

Como criterio de diseño se recomienda siempre realizar el apantallamiento del proyecto ya que hay equipos que pueden verse afectados en caso de que no se tenga un sistema de protección contra las descargas atmosféricas.

IEC Risk Assessment Calculator Version 1.0.3

File Options Library Help

**Dimensiones de la estructura:**

Longitud de la estructura (m): 23

Anchura de la estructura (m): 46

Altura del plano del tejado (m)\*: 4

Altura del mayor saliente del tejado (m)\*: 4

\* Medido desde la tierra

Área de colección (m2): 3.166 m2

**Líneas de conducción eléctrica:**

**Línea eléctrica:**

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado

Tipo de cable externo: No apantallado

Existencia de transformador MT/BT: Sin transformador

**Otros servicios aéreos:**

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

**Otros servicios enterrados:**

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

**Tipos de las pérdidas:**

**Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:**

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico bajo

Por incendios: Otras estructuras

Por sobretensiones: No aplica

**Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:**

Por incendios: No hay servicios esencial

Por sobretensiones: No hay servicios esencial

**Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:**

Por incendios: Sin valor histórico

**Tipo 4 - Pérdidas económicas:**

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales

Por incendios: Otras estructuras

Por sobretensiones: No aplica

Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock

Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

**Características de la estructura:**

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal

Eficacia del apantallamiento: Escasa

Tipo de cableado interno: No apantallado

**Influencias ambientales:**

Situación respecto a los alrededores: Estructura aislada

Factor ambiental: Rural

Nº de días de tormentas: 88 days/year

Densidad anual equivalente de rayos: 8.8 flashes/km2

Ver mapa isocerúnicico: Ver Mapa

**Medidas de protección:**

Clase de SPCR: Sin SPCR

Protección contra incendios: Sin medidas

Protección contra sobretensiones: Sin protección

**Riesgos calculados:**

	Riesgo calculado (DA)		Riesgo imp. calculado (DA)		Riesgo imp. calculado (DA)		Riesgo calculado (DA)
Pérdidas de vidas humanas:	1.00E-05	=>	5.60E-06	+	3.91E-05	=	4.47E-05
Pérdidas de serv. públicos:	1.00E-03	=>	0.00E+00	+	0.00E+00	=	0.00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1.00E-03	=>	0.00E+00	+	0.00E+00	=	0.00E+00
Pérdidas económicas:	1.00E-03	=>	2.79E-05	+	1.94E-04	=	2.22E-04

**IEC**

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

Cálculos

Ilustración 9. Análisis de riesgo

- **Medida de Resistividad, diseño de Puesta a Tierra**

DISTANCIA (m)	RUTA 1	RUTA 2
1		
2		
4		
6		

Ilustración 10. Medidas de resistividad del suelo.

Se diseña un sistema de puesta a tierra compuesto por dos varillas de cobre interconectadas entre ellas con un cable #6 de 5mts y conectado directamente al tablero de medida principal en cable de Cu desnudo # 6 AWG.

- **Sistema de Protección contra descargas atmosféricas**

Se realiza el diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas, sus respectivos planos de construcción junto con sus memorias de cálculo y cantidades de obra, se debe cumplir con un valor de resistencia inferior a los **10Ω**.

Al realizar la simulación con un anillo inferior, el resultado para esta configuración es de **8.39232Ω**, valor que cumple con el requisito mencionado y con el cuál se diseñará el sistema de apantallamiento para este proyecto.



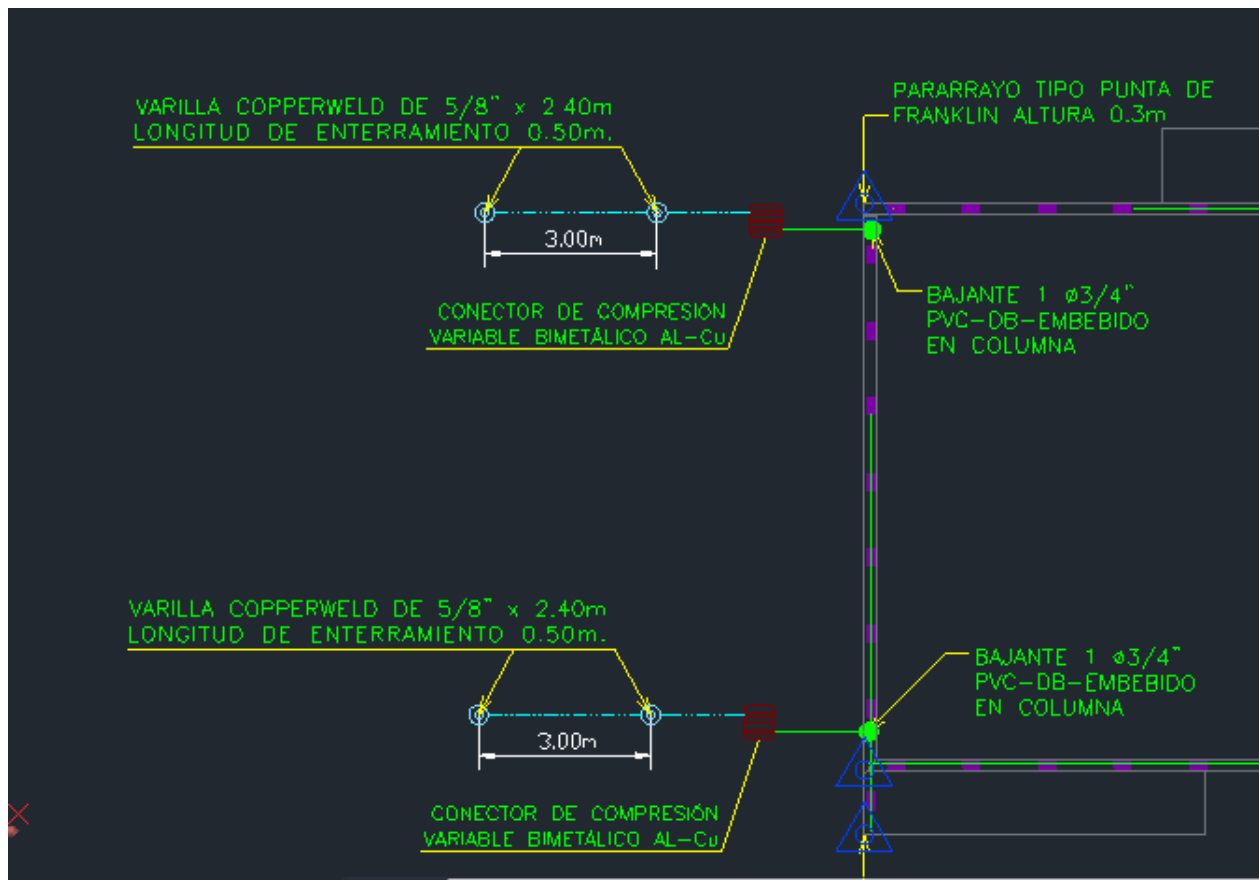


Ilustración 11. Diseño de sistema de protección contra descargas atmosféricas.

Una vez se tienen listos los diseños, se generan documentos, se realiza una revisión por parte del jefe del departamento de diseño y se envían los archivos pertinentes al cliente para su revisión y retroalimentación.

---

## VII. CONCLUSIONES

- El programa en línea NOTION se presenta como una alternativa poderosa para la organización y control de proyectos en empresas, ofrece una gran cantidad de herramientas y permite conectarse a diferentes aplicaciones también en línea de tal manera que pueda generarse un ecosistema fluido y versátil para suplir las necesidades de los integrantes de una empresa.
- Durante la creación del documento en línea y la ejecución de algunos proyectos asignados se ha logrado afianzar conocimientos académicos y se ha aprendido sobre la ejecución de dichos conocimientos en obra.
- Gracias a la recopilación de información sobre proyectos y a la creación de guías técnicas se pretende minimizar al máximo errores en la entrega de archivos y documentos a los clientes, también permite tener un proceder claro y adecuado para abordar todos los ítems relevantes de los proyectos.
- La organización de proyectos que se tiene hasta el momento ha logrado un cambio en el área de diseño, el flujo de trabajo se mantiene, pero ahora los proyectos están ejecutándose de forma adecuada y están siendo finalizados en 15 días, el ambiente laboral también se ha beneficiado ya que el nivel de estrés se ha reducido considerablemente gracias a la agilización de procesos.

---

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Minas y Energía, *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas - RETIE*. Ministerio de Minas y Energía, 2013.
- [2] ICONTEC, *Código Eléctrico Colombiano - NTC-2050 Segunda actualización*. 2020.
- [3] “Que es el retie?, y porque es obligatoria la NTC2050 - 2020”. <https://www.electricaplicada.com/que-es-el-retie-obligatoria-ntc2050/> (consultado jun. 27, 2022).
- [4] IEEE Power and Energy Society, “IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding”, *IEEE Std 80-2013 (Revision of IEEE Std 80-2000/ Incorporates IEEE Std 80-2013/Cor 1-2015)*, núm. February, pp. 1–226, 2013, doi: 10.1109/IEEESTD.2015.7109078.
- [5] ICONTEC, *Protección contra rayos - Principios generales NTC-4552:1*. 2004.
- [6] ICONTEC, *Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos) - Manejo del riesgo NTC-4552:2*. 2008.
- [7] ICONTEC, *Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos) - Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida NTC-4552:3*. 2008.
- [8] Ministerio de Minas y Energía, *Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público - RETILAP*. 2010.
- [9] Comisión de Regulación de Comunicaciones, *CRC Resolución 5405*. 2018.
- [10] Comisión de Regulación de Comunicaciones, *CRC 5993*. 2020.
- [11] NOTION LABS, “NOTION”. <https://www.notion.so/> (consultado jun. 27, 2022).