

Identificación y Articulación de Competencias Cognitivas, Procedimentales y Actitudinales
Necesarias para la Experimentación en un Entorno Real y Soportado en un Proceso de Diseño en
Ingeniería Eléctrica

Juan Camilo Oróstegui Díaz
Eslendy Pinzón Pinzón

Trabajo de Investigación para Optar por el título de:
Ingeniero Electricista

Director:
MPE. Wilson Giraldo Picón

Codirector:
DR. Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Físico Mecánicas
Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones
Bucaramanga

2020

Dedicatoria

A Dios, por haberme guiado en todo este proceso, por poner tan grandiosas personas y experiencias en mi camino.

A mi madre Myriam Díaz quien con todo su esfuerzo y dedicación nos sacó adelante frente a todas las adversidades, sin ella nada de esto habría sido posible.

A mi tío Camilo Díaz, más que un tío fue y es un padre para mí, un ejemplo a seguir siempre estuvo pendiente de mí, me apoyó y me aconsejó siempre por el mejor camino, siempre estaré agradecido.

A mis hermanas Sandra Oróstegui y Yohana Oróstegui, estas mujeres fueron dos pilares en mi vida y lo siguen siendo hoy en día, su amor, comprensión, dedicación con la que hacen todo me enseñaron que tengo la mejor familia del mundo, sin su apoyo no estaría dónde estoy.

A mis sobrinos, Andrés Oróstegui e Isabella Díaz, en especial a mi cachetona hermosa que alegra mis días con sus sonrisas y ocurrencias, espero ser un ejemplo que seguir para ella.

A mis hermanos de otras madres, colegas, parceros, bendiciones de mi vida, Harley Largo y Jonathan Duarte, ustedes dos saben cuan importantes fueron en todo este proceso y cuan grandes son en mi vida, ustedes son ejemplo para mí, son una historia que debería ser contada, son unas fuerzas impresionantes de salir adelante y me lo demuestran cada día, los admiro mucho, se merecen mi respeto para toda la vida, gracias.

A mí compañera de proyecto, Eslendy Pinzón quien se convirtió en una persona muy importante, no solo por esto sino por muchas otras cosas más, eres ejemplo de superación para tu madre y tus hermanitos, le doy gracias a Dios por juntarte en mi camino y por poder compartir muchas experiencias contigo, gracias cosa de la universidad.

Por último, a todas las personas que aportaron un grano de arena en esta etapa de mi vida, mi lista es muy larga, tuve la fortuna de cruzarme preciadas personas de mi carrera y de la universidad en general, los llevo a todos en mi corazón y estoy muy agradecido porque aprendí algo de cada uno de ustedes, así como de personas externas de la universidad que cuando más necesite ahí estuvieron para todo, muchas gracias.

Juan Camilo Oróstegui Díaz

Dedicatoria

En primer lugar, dedico este logro a mi porque día a día labre con esfuerzo y dedicación un camino para llegar al maravilloso momento de emocionarme tanto y poder decir lo ¡¡¡logre!!!

Dedico con todo mi corazón este logro a mi abuelo Pedro Ignacio que desde mis inicios en el proceso educativo me apoyo, me enseñó lo que es una suma de intentar aprender a manejar la bicicleta y la resta de todas esas caídas, ¡te extraño!, a mi abuela Florinda por brindarme ese calor de familia lleno de un construir bonito, gracias por aguantarme abue.

¡¡¡ Madre mía¡¡¡, Esmir de mi vida, me diste la vida y me brindaste apoyo, aunque no lo supieras en los momentos que más te necesitaba. Tu eres una de las razones más grandes por la que intente no salir de este camino, quiero que te sientas orgullosa y veas que, si se puede lograr lo que uno se propone, animo má.

Edna, Eilyn y Evan soy su hermana mayor y ustedes mi inspiración, mi amor, gran amor, quiero que se superen cada día y sean personas brillantes en los días oscuros, espero ser un ejemplo que seguir. ¡¡¡Los adoro mis bebes¡¡¡

Este logro también es para ustedes tíos, tías, primos, primas en especial a mi tía Edilia, gracias a ustedes porque me brindaron apoyo, compañía, mi dulce hogar, llamado familia.

Cristian Rodríguez, gracias por ser fundamental, has estado conmigo desde el inicio de esta etapa en momentos difíciles también estuviste a mi lado, te agradezco por tu desinteresada ayuda, tu afecto y tu cariño son detonantes de esfuerzo, felicidad, gracias, ¡lo logre!

Mi amigo y compañero de proyecto de grado Camilo Oróstegui, admiro la paciencia que me tuviste durante estos años, gracias por compartir momentos buenos y otros no tan buenos conmigo, me motivaste muchas veces y ahora estamos culminando juntos esta etapa, por generaciones y siglos... Gracias cosa de la universidad, espero seguir contando contigo.

También a esos amigos que me dio la universidad dedico este logro, Arianne, Reinaldo, Johan, Javier, Damaris, gracias, amigos.

Gracias a la vida por cada una de las personas que me ha permitido conocer, y por ser parte de este crecimiento son un gran aporte en mi vida personal.

Eslendy Pinzón Pinzón

Agradecimientos

Nuestro más grande agradecimiento se dirige a Dios por permitirnos llegar a este momento, gracias, padre celestial por ser nuestra compañía guiarnos por el buen sendero y levantarnos de nuestros tropiezos, gracias, Dios por ayudarnos a aprender de nuestros errores y a no cometerlos otra vez. Eres quien guía el destino de nuestra vida.

Gracias a nuestro director de trabajo de grado Wilson Giraldo Picón, por su ardua paciencia, colaboración y dedicación. Eres pieza fundamental en cada paso que se logró, tus conocimientos y palabras de ánimo por realizar un buen trabajo en el que lleváramos nuestros objetivos más allá de lo planteado.

A nuestros docentes de la Escuela Eléctrica Electrónica y de Telecomunicaciones, que fueron vital en nuestro proceso de crecimiento profesional, construyendo conocimientos, sueños en cada momento, y en especial aquellos que no solo fueron docentes si no también amigos guiándonos para ser mejor persona.

Gracias a todas las personas que aportaron buenas cosas a nuestras vidas, gracias por las diversas emociones que sentimos, muchas veces reímos, lloramos y sentíamos que perdíamos la batalla en los parciales, eso ahora quedo atrás y ahora empieza lo mejor.

Gracias....

*Juan Camilo Oróstegui
Eslendy Pinzón Pinzón*

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Generalidades	14
1.1.1 Objetivos.....	14
1.1.2 Estructura del documento	15
2. Contenido temático y diagrama secuencial	16
2.1.1 Diagrama secuencial por área de diseño.....	21
2.1.1.1 Diagrama secuencial área de líneas de transmisión (L.T).....	21
2.1.1.2 Diagrama secuencial área de sistemas de distribución (S.D).....	22
2.1.1.3 Diagrama secuencial área de instalaciones de uso final (I.U.F).....	22
2.1.2 Integración de las tres asignaturas en el diagrama secuencial.....	22
3. Competencias cognitivas y procedimentales	22
3.1.1 Tabla de saberes.....	23
4. Etapas de diseño	37
4.1.1 Etapa 1: Proporcionar el plano de ubicación del predio.....	37
4.1.2 Etapa 2: Información del proyecto (descripción, parámetros)	38
4.1.3 Etapa 3: El punto de conexión.....	38
4.1.3.1 Nivel de tensión.....	38
4.1.3.2 Nivel corto circuito.....	38
4.1.4 Etapa 4: Especificaciones de diseño y ubicación de tableros de control, protecciones, sistema de control, servicios auxiliares, aislamiento, conductores por fase.	38
4.1.4.1 Especificaciones técnicas mínimas	38
4.1.4.2 Especificaciones de construcción del proyecto.....	39
4.1.4.3 Especificaciones de equipos.....	40

4.1.4.4	Especificaciones para la subestación (Información específica remitida por los propietarios de la infraestructura existente).....	40
4.1.5	Etapa 5: Diseño, adquisición de los suministros, construcción, pruebas, puesta en servicio, operación, costos, material, reglamentos, licencias y equipos.	41
4.1.5.1	Características técnicas de los equipos.....	41
4.1.5.2	Planos electromecánicos	41
4.1.5.3	Planos de obras civiles	42
4.1.5.4	Estudios y trabajos de campo	42
4.1.5.5	Documentos de la ingeniería de detalle.....	42
4.1.5.6	Cálculos detallados de obras civiles.....	43
4.1.5.7	Planos de obras civiles	43
4.1.5.8	Diseño detallado electromecánico.....	43
4.1.5.9	Sistema de puesta a tierra	44
4.1.5.10	Equipos principales	44
4.1.5.11	Equipos de patio	44
4.1.5.12	Para tableros	45
4.1.5.13	Estudios del sistema	45
4.1.5.14	Distancias de seguridad.....	46
4.1.5.15	Equipos de potencia	46
4.1.5.16	Equipos de control y protección.....	48
5.	Implementación de las etapas de diseño.....	49
5.1.1	Desarrollo de la etapa 1: Proporcionar el plano de ubicación del predio.	49
5.1.2	Desarrollo de la etapa 2: Información del proyecto (descripción, parámetros).....	49
5.1.3	Desarrollo de la etapa 3: El punto de conexión.	51
5.1.3.1	Solución del nivel de tensión en la etapa 3	51
5.1.3.2	Solución del nivel corto circuito en la etapa 3	51

5.1.4	Desarrollo de la etapa 4: Especificaciones de diseño y ubicación de tableros de control, protecciones, sistema de control, servicios auxiliares, aislamiento, conductores por fase.	51
5.1.4.1	Especificaciones técnicas mínimas de la etapa 4	51
5.1.4.2	Especificaciones de construcción del proyecto de la etapa 4.....	53
5.1.5	Desarrollo de la etapa 5: Diseño, adquisición de los suministros, construcción, pruebas, puesta en servicio, operación, costos, material, reglamentos, licencias y equipos.	57
6.	Conclusiones.....	58
	Referencias bibliográficas.....	60

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Modelamiento eléctrico</i>	17
Tabla 2 <i>Conductores</i>	18
Tabla 3 <i>Protecciones</i>	19
Tabla 4 <i>Pérdidas</i>	20
Tabla 5 <i>Componentes</i>	20
Tabla 6 <i>Tabla de saberes integrados</i>	24

Resumen

Título: Identificación y articulación de competencias cognitivas, procedimentales y actitudinales necesarias para la experimentación en un entorno real y soportado en un proceso de diseño en ingeniería eléctrica*

Autores: Juan Camilo Oróstegui Díaz & Eslendy Pinzón Pinzón**

Palabras Clave: Diseño, diagrama secuencial de contenidos, tabla de saberes, competencias, etapas de diseño

Descripción: El diseño se define como el proceso de preconfiguración mental o descripción verbal de algo, en ingeniería se aplican conocimientos científicos a la invención, es allí donde se integra diseño e ingeniería. Para el proceso de diseño en ingeniería se desarrolla la identificación de las competencias cognitivas, procedimentales y actitudinales definiendo unas etapas que conlleva a la realización de un proyecto, cumpliendo con los requisitos y reglamentos que están impuestos en las normas. Con la finalidad de hacer una articulación procedimental, se tienen en cuenta restricciones para así hacer más eficiente el desarrollo de diseño en ingeniería. Este proyecto se plantea con el fin de plasmar la parte normativa, reglamentaria y regulatoria de ambientes reales para la identificación de competencias en una experiencia de diseño, además se tienen en cuenta aspectos clave como son el saber y el saber hacer, en donde se hace referencia al desempeño cognitivo y desempeños procedimentales respectivamente. Teniendo en cuenta el diagrama secuencial de contenidos y la tabla de saberes se proponen etapas para abordar el proceso de diseño eléctrico, abarcando de forma general las tres asignaturas clave para la realización de este proyecto. Por último, con base en las etapas definidas y con las guías propuestas en el proyecto se realiza una implementación con el fin de mostrar los puntos más importantes en un proyecto de diseño eléctrico.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Wilson Giraldo Picón. Maestría en potencia eléctrica de la Universidad Industrial de Santander. Codirector: Oscar Arnulfo Quiroga. Doctorado en tecnología de la Universidad de Girona, y profesor planta adscrito a la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander.

Abstract

Title: Identification and articulation of cognitive, procedural and attitudinal competences necessary for experimentation in a real environment and supported in a design process in electrical engineering*

Authors: Juan Camilo Oróstegui Díaz & Eslendy Pinzón Pinzón***

Key words: Design, sequential diagram of contents, table of knowledge, skills, design stages.

Description: Design is defined as the process of mental preconfiguration or verbal description of something, in engineering scientific knowledge is applied to the invention, it is there where design and engineering are integrated. For the engineering design process, the identification of cognitive, procedural and attitudinal competences is developed, defining stages that lead to the realization of a project, complying with the requirements and regulations that are imposed in the standards. In order to make a procedural articulation, restrictions are considered in order to make the development of engineering design more efficient. This project is proposed in order to capture the normative, regulative and regulatory part of real environments for the identification of competencies in a design experience, in addition, key aspects such as knowledge and know-how are taken into account, where it is done reference to cognitive performance and procedural performances respectively. Considering the sequential diagram of contents and the table of knowledge, stages are proposed to approach the electrical design process, generally covering the three key subjects for the realization of this project. Finally, based on the defined stages and with the guides proposed in the project, an implementation is carried out in order to show the most important points in an electrical design project.

* Degree Work

** Faculty of Physics Mechanics. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director: Wilson Giraldo Picón. Master's in electrical power from the Industrial University of Santander. Co-director: Oscar Arnulfo Quiroga. Doctorate in technology from the University of Girona, and teacher the Industrial University of Santander.

Introducción

Ante las exigencias de un mercado competitivo, producto de avances tecnológicos y requerimientos normativas y/o reglamentarias, el ingeniero electricista requiere alcanzar unas competencias mínimas que garantice una adecuada implementación de los conocimientos, habilidades y actitudes en coherencia con los requisitos del mercado.

Un proceso de diseño y sus implicaciones en los proyectos, puede visualizarse como un elemento integrador entre el contexto académico y la práctica profesional. A este respecto, un currículo académico proporciona las herramientas cognitivas, cognoscitivas, procedimentales y actitudinales que fortalezcan la habilidad de adaptación e independencia para el desempeño profesional en la ingeniería; así como que garantice el cumplimiento de los requisitos éticos, normativos, reglamentarios, regulatorios, legales, ambientales, económicos y financieros.

En este sentido, se propone un proyecto de grado que identifique las etapas esenciales del proceso de diseño y defina, desde la perspectiva de las competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales, la adecuada implementación del saber, del hacer y del ser en una experiencia que solucione un problema práctico de ingeniería eléctrica, específicamente proyectos relacionados y/o integrados por las asignaturas líneas de transmisión, sistemas de distribución e instalaciones eléctricas, del programa de ingeniería eléctrica de la Universidad Industrial de Santander.

1. Generalidades

En este trabajo de grado se realiza una descripción completa y cuantificada de las causas potenciales que se derivan de un problema en un entorno real de la Ingeniería Eléctrica, específicamente en correlación con el modelo de aprendizaje de las asignaturas de: Líneas de Transmisión, los Sistemas de Distribución y las Instalaciones de Uso Final, del programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Industrial de Santander. En este sentido, se identifican las etapas de diseño involucradas, así como las competencias cognitivas y procedimentales para declarar la intencionalidad desde el punto de vista de diseño eléctrico. En este proceso es indispensable hacer referencias a los componentes normativos, reglamentarios y regulatorios, con el propósito de demostrar la validez o viabilidad de la solución.

Finalmente, a través de la implementación paso a paso de las fases o etapas descritas para el proceso de diseño, se propone modelar un caso práctico en el que se valide el cumplimiento de los requisitos y se obtenga experimentación en la solución a partir del área de diseño en ingeniería.

1.1.1 Objetivos

Caracterizar e integrar los componentes normativos, reglamentarios y regulatorios junto con las restricciones reales, mecanismos para la identificación de una experiencia de diseño eléctrico, implementando las competencias definidas para las asignaturas de líneas de transmisión, sistemas de distribución e instalaciones eléctricas del programa de ingeniería eléctrica de la UIS. Dado lo anterior se presentaron los siguientes objetivos específicos:

- Definir las etapas de un proceso de diseño en ingeniería eléctrica bajo condiciones y restricciones reales en el área de conocimiento, asociado con las asignaturas de líneas de transmisión, sistemas de distribución e instalaciones de uso final del programa de Ingeniería Eléctrica de la UIS.
- Identificar las competencias cognitivas y procedimentales para un proceso de diseño en el área de conocimiento asociado con las asignaturas de líneas de transmisión, sistemas de distribución e instalaciones de uso final ingeniería eléctrica.
- Caracterizar las competencias identificadas, bajo condiciones y restricciones reales de diseño en ingeniería eléctrica en el área descrito en el primer objetivo específico.

1.1.2 Estructura del documento

La estructura de este proyecto se divide en siete capítulos, que a continuación se les realiza una breve descripción:

Capítulo 1: Este capítulo corresponde a la introducción y objetivos.

Capítulo 2: Este capítulo tiene en cuenta el diagrama secuencial de contenidos de cada asignatura (Sistemas de Distribución, Líneas de Transmisión, Instalaciones de Uso Final), para lograr la integración en un diagrama secuencial.

Capítulo 3: En este capítulo se identifica y articulan las competencias necesarias en la Tabla 6. para el diseño en un entorno real.

Capítulo 4: Este capítulo define las etapas de diseño teniendo en cuentas los aspectos reglamentarios, normativos, ambientales, técnicos y sociales.

Capítulo 5: Este capítulo implementa las etapas de diseño en un proyecto real (UPME 05-2016 Conexión de la subestación Enea a 230 kV al circuito San Felipe- Esmeralda 230 kV)

Capítulo 6: Este capítulo presenta las conclusiones de este trabajo de grado.

2. Contenido temático y diagrama secuencial

La Universidad Industrial de Santander y específicamente la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, ha caracterizado el área de las instalaciones eléctricas a través de un proyecto integrador sobre Líneas de Transmisión, Sistemas de Distribución e Instalaciones de Uso final bajo una visión de competencias y desde la perspectiva académica.

El resultado del contenido temático promueve el conocimiento en el área ocupacional en general y a su vez, promueve en el estudiante una estructura para desarrollar un desempeño idóneo. Cuando ya se han establecido las asignaturas, se elabora un insumo denominado “diagrama secuencial de contenidos temáticos” como representación gráfica para observar la integración específicamente en las asignaturas de diseño de: Líneas de Transmisión (L.T), Sistemas de Distribución (S.D) e Instalaciones de Uso Final (I.U.F), teniendo en mente el manejo de un contenido esencial o básico de las tres asignaturas.

A continuación, se describe el resultado del cruce de los contenidos temáticos y en las siguientes secciones, el desarrollo del diagrama secuencial para el proceso de diseño y la integración de las tres asignaturas como insumos que permiten la contextualización de los elementos que aportan al proceso de diseño.

Tabla 1*Modelamiento eléctrico*

CRUCE DE CONTENIDOS TEMÁTICOS				
MODELAMIENTO ELÉCTRICO				
TEMA	BÁSICO	GENÉRICO ENTRE		ESPECÍFICO
Disposiciones	X			
Parámetros eléctricos	X			
Resistencia	X			
Inductancia	X			
RMG y DMG				
Ecuaciones de Carson				L.T
Impedancia serie considerando tierra				L.T
Conductancia				L.T
Capacitancia				L.T
MODELAMIENTO ELÉCTRICO				
TEMA	BÁSICO	GENÉRICO ENTRE		ESPECÍFICO
Modelos circuitales	X			
Línea de longitud larga				L.T
Ecuaciones generales de tensión y corriente				L.T
Ecuaciones en forma hiperbólica				L.T
Ecuaciones en el dominio del tiempo				L.T
Líneas de longitud media		L.T	S. D	
Modelo PI		L.T	S. D	
Modelo T		L.T	S. D	
Línea de longitud corta	X			

Clasificación de instalaciones				
Sistema trifásico	X			
Configuración estrella	X			
Configuración delta	X			
Sistema monofásico		S. D	I.E.U. F	
fase - fase		S. D	I.E.U. F	
fase - neutro		S. D	I.E.U. F	
fase - fase - neutro		S. D	I.E.U. F	
SIL (Surge Impedance Loading)				L.T
Constantes generalizadas				L.T
Regulación	X			
Diagramas fasoriales	X			
Momento eléctrico		S. D	I.E.U. F	
Constante de regulación (Kg)		S. D	I.E.U. F	
Carga instalada y demanda		S. D	I.E.U. F	
Densidad de carga		S. D	I.E.U. F	
Carga instalada		S. D	I.E.U. F	
Capacidad instalada		S. D	I.E.U. F	
Carga máxima		S. D	I.E.U. F	
Factor de demanda		S. D	I.E.U. F	
factor de potencia		S. D	I.E.U. F	
Factor de carga		S. D	I.E.U. F	
Factor de diversidad		S. D	I.E.U. F	
Flujos de potencia	X			
Potencia activa	X			
Potencia Reactiva	X			
Análisis del factor de potencia	X			
Análisis de componentes armónicos	X			
SIL (Surge Impedance Loading)				L.T

Tabla 2*Conductores*

CONDUCTORES			
TEMA	BÁSICO	GENÉRICO ENTRE	ESPECÍFICO
Tipos/Materiales	X		
Conductores aislados		S. D	I.E.U. F

Conductores desnudos		S. D	L.T	
Cables subterráneos	X			
Galgas	X			
Tablas	X			
Características Eléctricas/Mecánicas	X			
Dimensionamiento	X			
Selección del conductor	X			

Tabla 3*Protecciones*

PROTECCIONES				
TEMA	BÁSICO	GENÉRICO ENTRE		ESPECÍFICO
Protección contra rayos	X			
Descargas eléctricas atmosféricas y su efecto en las instalaciones				
Evaluación del nivel de riesgo				
Componentes de un sistema de protección contra rayos				
Cálculo del apantallamiento				L.T
Sistemas de puesta a tierra	X			
Importancia del sistema de puesta a tierra				
Requisitos del sistema de puesta a tierra				
Componentes				
Resistividad del terreno				
Dimensionamiento del sistema de puesta a tierra				
Evaluación de las tensiones de paso y contacto				
Resistencia del sistema de puesta a tierra				
Dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS)	X			
Para baja tensión				
Para media tensión				
Para alta y extra alta tensión				

Dispositivos de protección contra sobrecorrientes	X			
Sistema de aislamiento		S. D	L.T	
Componentes		S. D	L.T	
Dimensionamiento		S. D	L.T	
Medición y pruebas		S. D	L.T	

Tabla 4*Pérdidas*

PÉRDIDAS				
TEMA	BÁSICO	GENÉRICO ENTRE		ESPECÍFICO
Pérdidas de potencia	X			
Efecto corona				L.T
Gradiente critico superficial				L.T
Gradiente de tensión o potencial				L.T
Tensión critica corona				L.T
Reducción del efecto corona				L.T
Pérdidas de energía	X			

Tabla 5*Componentes*

COMPONENTES				
TEMA	BÁSICO	GENÉRICO ENTRE		ESPECÍFICO
Torres/Postes/Estructuras		L.T	S. D	
Herrajes	X			
Separadores		L.T	S. D	
Soportes		L.T	S. D	
Crucetas				S. D
Acometidas		S. D	I.E.U. F	
Circuitos ramales				I.E.U. F
Salidas para alumbrado				I.E.U. F
Canalizaciones: Ductos, Tuberías,		S. D	I.E.U. F	
Canaletas				
Aisladores		S. D	L.T	
Cajas de inspección		S. D	I.E.U. F	
Celdas y tableros de distribución				I.E.U. F

Simbología	X			
Contadores de energía				I.E.U. F
Transformadores	X			

Nota: Adaptado de Yazmin Prada Hernández, Volmar Jaimes Ballesteros. Diseño curricular de la asignatura instalaciones eléctricas bajo la visión de competencias. Universidad Industrial de Santander escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y telecomunicaciones facultad de ingenierías físico-mecánicas Bucaramanga, mayo de 2018.

2.1.1 Diagrama secuencial por área de diseño

Para la obtención de este producto se conformó el equipo de trabajo y se realizó una descripción completa y cuantificada del problema, recurriendo así a numerosas fuentes de información ya referenciadas (ver Referencias Bibliográficas). Se revisaron también los diagramas secuenciales de contenidos temáticos de las asignaturas en estudio para así crear un contenido general en donde se tomaron los insumos mínimos e indispensables que se tienen en cuenta al momento de tener un proyecto de diseño eléctrico. Este insumo fue una pieza fundamental porque estableció un norte en el camino de crear las etapas de diseño y facilitó el desarrollo del propósito del proyecto. Es importante resaltar que en cada asignatura el contenido seleccionado para la valoración de aquello que se debe aprender, los niveles de aprendizaje que cubre, como se implementa y analiza la información. A continuación, se relaciona la información que hace referencia al contenido que se encuentra en cada diagrama secuencial temático de cada una de las asignaturas que soportan este proyecto. Esta información tiene un contenido específico ya que solo se encuentra en esa área de conocimiento:

2.1.1.1 Diagrama secuencial área de líneas de transmisión (L.T)

Diseño curricular basado en normas de competencia laboral, Conceptos y orientaciones metodológicas. Banco interamericano de desarrollo. Buenos Aires. 2004. & Diseño curricular de la asignatura sistemas de

distribución de energía eléctrica bajo la visión de competencias. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2017. & Diseño curricular de la asignatura instalaciones eléctricas bajo la visión de competencias. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2018.

El contenido temático de la asignatura líneas de transmisión facilita la identificación de competencias para el proceso de aprendizaje (Ver apéndice A).

2.1.1.2 Diagrama secuencial área de sistemas de distribución (S.D)

El contenido temático de la asignatura sistemas de distribución facilita la identificación de competencias para el proceso de aprendizaje (Ver apéndice B).

2.1.1.3 Diagrama secuencial área de instalaciones de uso final (I.U.F)

El contenido temático de la asignatura instalaciones de uso final facilita la identificación de competencias para el proceso de aprendizaje (Ver apéndice C).

2.1.2 Integración de las tres asignaturas en el diagrama secuencial

Al obtener un producto general podemos relacionar nuestras tres asignaturas de importancia, analizando desde una perspectiva más completa nuestro resultado y objetivo del proyecto se puede interpretar en la integración del diagrama secuencial (Ver apéndice D).

3. Competencias cognitivas y procedimentales

Son competencias cuando se habla de cognición que es lo que él estudiante debe aprender, para convertir en acción ese conocimiento en ingeniería y cumplir con el requisito de diseño, al

finalizar el proceso, cuando se habla del saber hacer la competencia es procedimental, es como se debe actuar en función de.

“Por competencias se entiende la concatenación de saberes, no sólo pragmáticos y orientados a la producción, sino aquellos que articulan una concepción del ser, del saber, saber hacer, del saber convivir. Esto significa que, frente a una situación dada quien tiene la competencia para actuar posee los conocimientos requeridos y la capacidad para adecuarlos a las condiciones específicas. De igual manera, revela que tiene las habilidades para intervenir eficaz y oportunamente y esta imbuido también de las aptitudes que le permite asumir actitudes acordes con sus principios y valores. La diferencia fundamental entre un currículo basado en competencias y un currículo convencional, es que en el primer caso la planificación de la docena se hace a partir de un diagnóstico prospectivo de la realidad donde se va a desempeñar el egresado o la egresada y particularmente sobre la base de las áreas de desempeño, las funciones y las tareas que determinan su ejercicio profesional. La planificación de la docencia tradicional se basa más bien en las lógicas conceptuales que especifican los especialistas del mundo académico.” CABRERA, K y GONZALEZ, L (2006).

3.1.1 Tabla de saberes

La tabla de saberes es el insumo que une las competencias con la acción del contenido temático que para este caso es el diagrama secuencial integrado (Ver apéndice D), permitiendo hacer una valoración final de lo que el estudiante adquiere durante el proceso de aprendizaje.

Además, es un mecanismo para organizar el contenido e integrarlo con las aptitudes, habilidades y destrezas que se enmarcan en el componente de las competencias, cumpliendo con el objetivo de encaminar profesionales en la disciplina del conocimiento y la aptitud en cómo se debe actuar.

Teniendo ya una referencia del proyecto “Diseño curricular de la asignatura líneas de transmisión de energía eléctrica bajo la visión de competencias” se estableció la relación del contenido temático y el diagrama secuencial integrado con las tres asignaturas se refleja en la tabla de saberes de forma secuencial al conocimiento (saber- cognitivo) y habilidades (saber hacer-procedimental) que tiene el estudiante, a continuación, se identifican las asignaturas por color como se muestra en la siguiente tabla (L.T. de color azul, S.D. de color verde y I.U.F. de color amarillo) :

Líneas de Transmisión	Sistemas de Distribución	Instalaciones de Uso Final
-----------------------	--------------------------	----------------------------

Tabla 6

Tabla de saberes integrados

GENERALIDADES	
SABER	SABER HACER
1. Conocer la importancia y características de la transmisión de energía eléctrica. 2. Conocer las técnicas de transmisión de la energía eléctrica. 3. Definir el concepto de sistema interconectado nacional (SIN) y las zonas no interconectadas.	A. Interpretar la importancia de los niveles de tensión para la transmisión de energía eléctrica. (1,2) B. Identificar las zonas interconectadas en el territorio colombiano. (3,4) C. Identificar las funciones de las entidades que conforma la

<ol style="list-style-type: none"> 4. Conocer los componentes del Sistema Interconectado Nacional. 5. Conocer la estructura organizacional de sector eléctrico colombiano. 6. Conocer las entidades que conforma la organización del sector eléctrico y sus funciones. 7. Reconocer los componentes del sistema de distribución. 8. Conocer los niveles de tensión permitidos para la distribución de energía eléctrica. 9. Identificar los tipos instalaciones de uso final. 10. Conocer los niveles de tensión permitidos para las instalaciones de uso final. 11. Listar los documentos exigidos por el RETIE para el diseño de una línea de transmisión. 12. Identificar los entregables para cada memoria de cálculo. 	<p>organización del sector eléctrico. (5,6)</p> <ol style="list-style-type: none"> D. Diferenciar el sistema de distribución local del sistema de distribución regional. (7,8) E. Diferenciar los tipos de usuarios finales en la cadena productiva del sector eléctrico. (9,10) F. Identificar los planos geográficos que debe contener el diseño de una línea de transmisión. (11,12) G. Reconocer los requisitos que deben tener el diseño eléctrico de una línea de transmisión. (11,12) H. Conocer los requisitos del diseño mecánico de una línea de transmisión. (11,12)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los tipos de cargas presentes en un sistema distribución. 2. Conocer los niveles de tensión permitidos para la distribución de energía eléctrica. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Clasificar las cargas de los sistemas de distribución de acuerdo con la ubicación geográfica. (1) B. Consultar la norma para verificar los niveles de tensión permitidos para un sistema de distribución. (2)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer el concepto de instalación eléctrica según RETIE. 2. Conocer la importancia y características de las instalaciones eléctricas. 3. Analizar los códigos y normas que rigen el diseño de una instalación eléctrica. 4. Comprender los aspectos que debe cumplir el diseño eléctrico en las instalaciones eléctricas de uso final. 5. Elegir los equipos de una instalación eléctrica que cumplan con certificado de conformidad de producto teniendo en cuenta RETIE. 6. Diferenciar los factores que afectan la vida de una instalación de uso final. 	<p>A. Utilizar los criterios de especificaciones y parámetros de diseño de una instalación de uso final según la reglamentación y normatividad vigente, y el operador de red. (1-6)</p>
<p>COMPONENTES</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los tipos de apoyos y sus partes para una línea de transmisión. 2. Conocer criterios usados para la selección del tipo de apoyos. 3. Reconocer las disposiciones de los conductores por números de circuitos en una línea de transmisión. 4. Distinguir los materiales de los cuales están hechos los aisladores. 5. Reconocer los tipos de los aisladores para líneas de transmisión aéreas. 6. Indicar las ventajas y desventajas de los distintos tipos de aisladores. 7. Identificar los herrajes para líneas de transmisión. 8. Clasificar los tipos de herrajes según su función para líneas de transmisión aéreas. 9. Identificar otros componentes básicos y sus funciones que hacen parte de una línea de transmisión aérea. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Seleccionar el tipo de apoyo para el diseño de la línea de transmisión aérea. (1,2,3) B. Manejar los catálogos de los aisladores utilizados en la transmisión de energía eléctrica. (4,5,6) C. Emplear los herrajes según su función para una línea de transmisión. (7,8) D. Precisar otros componentes básicos que hacen parte de una línea de transmisión aérea. (9)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar las normas técnicas para la construcción de redes de distribución secundarias aéreas. 2. Reconocer los tipos de postes y torres utilizados en el sistema de distribución. 3. Clasificar los tipos de aisladores de acuerdo con los niveles de tensión. 4. Identificar las características de los herrajes en los sistemas de distribución aéreos. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Seleccionar los apoyos, herrajes y conductores para un sistema de distribución aéreo de acuerdo con lo establecido en la norma. (1) B. Seleccionar los tipos de aisladores utilizados en los sistemas de distribución. (3) C. Seleccionar las estructuras (postes, torres), cañuelas y grapas que conforman los herrajes en los sistemas de distribución. (2-4)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar la definición de acometida según NTC 2050. 2. Establecer las funciones básicas de un interruptor. 3. Reconocer la clasificación de los interruptores de acuerdo con sus distintas características. 4. Elegir el transformador de acuerdo con el nivel de tensión requerido en la instalación de uso final. 5. Definir el concepto de subestación eléctrica en una instalación de uso final. 6. Detallar los tipos de subestaciones de acuerdo con su forma de instalación. 7. Reconocer los componentes y los requisitos de producto de las celdas, tableros de distribución y protección. 8. Describir el procedimiento para calcular el número de salidas para alumbrado y tomacorriente según lo establecido en la NTC 2050. 9. Seleccionar los elementos que comprenden las salidas para alumbrado y tomacorriente según las necesidades del sistema en las instalaciones eléctricas. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Utilizar como referente la norma NTC 2050 en la sección 230 en instalaciones de uso final. (1) B. Seleccionar el interruptor de acuerdo con el tipo de la instalación. (2,3) C. Aplicar el procedimiento para la selección de transformadores según lo establecido en la NTC 2050. (4) D. Determinar el diseño de subestación que se adapte a las características del sistema en una instalación eléctrica. (5,6) E. Seleccionar las celdas, los tableros de distribución y protección acorde a los requerimientos del RETIE. (7) F. Diseñar las salidas para alumbrado y tomacorriente según la NTC 2050 para las instalaciones eléctricas. (8,9) G. Aplicar la simbología eléctrica según RETIE para el diseño de instalaciones eléctricas de uso final. (10)

10. Usar la simbología utilizada para la representación de los componentes eléctricos según el RETIE.	
CONDUCTORES ELÉCTRICOS	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Diferenciar el tipo de materiales utilizados para la fabricación de conductores eléctricos. 2. Usar el tipo de conductores eléctricos existentes. 3. Identificar las escalas que definen el tamaño de los conductores eléctricos. 4. Identificar la normativa aplicable para los conductores eléctricos en líneas de transmisión 5. Reconocer las disposiciones de los conductores por haz en una línea de transmisión. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Catalogar los tipos de conductores desnudos para la transmisión de energía eléctrica. (1,2,3,4) B. Catalogar las líneas aéreas de transmisión según la configuración de conductores por haz. (5)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Usar las tablas de los conductores eléctricos para la distribución de la energía eléctrica 2. Identificar la resistencia de los conductores en corriente continua y corriente alterna 3. Establecer las características mecánicas que poseen los conductores 4. Identificar la resistencia a la ruptura como característica mecánica los conductores 5. Entender el concepto de regulación de tensión en los sistemas de distribución primaria y secundarios 6. Entender el concepto de efecto corona en una línea de distribución 7. analizar el procedimiento utilizado para el cálculo de las pérdidas en los sistemas de distribución primaria y secundaria 8. Identificar los parámetros utilizados para la selección de los conductores 	<ol style="list-style-type: none"> A. Utilizar tablas de los conductores para la selección del conductor dependiendo de la corriente. (1) B. Determinar la resistencia mecánica de los conductores. (3-4) C. calcular la resistencia de los conductores tanto en corriente continua como en corriente alterna teniendo en cuenta el efecto de la temperatura. (2) D. Calcular La regulación de tensión de los sistemas de distribución. (5) E. Calcular las pérdidas de potencia y energía en los sistemas primarios y secundarios. (7) F. Calcular las pérdidas por efecto corona en las líneas de distribución. (6) G. Determinar la corriente y pérdida de las redes de distribución para la selección de los conductores. (8)

PARAMETROS ELÉCTRICOS	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocer los parámetros eléctricos como una representación de los fenómenos eléctricos y magnéticos que tienen lugar en una línea de transmisión. 2. Identificar el nombre, representación, símbolo y unidades usados para los parámetros eléctricos. 3. Especificar los parámetros derivados de una línea de transmisión aérea. 4. Comprender el efecto de la variación de la frecuencia sobre el valor de la resistencia efectiva del conductor. 5. Reconocer el concepto de la resistencia en corriente alterna. 6. Comprender el efecto de la proximidad entre conductores y el efecto del cableado sobre la resistencia efectiva. 7. Comprender las ecuaciones de Carson que consideran el efecto de retorno por tierra de una línea de transmisión. 8. Establecer las ecuaciones para representar una línea de transmisión. 9. Analizar la solución exacta de las ecuaciones que representan una línea de transmisión. 10. Interpretar las ecuaciones parabólicas para una línea de transmisión de longitud larga. 11. Reconocer los parámetros eléctricos que conforman el modelo circuital de una línea de longitud media. 12. Representar circuitalmente una línea de transmisión de longitud media. 13. Reconocer el modelo equivalente π para una línea de transmisión. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Hallar los parámetros eléctricos derivados partiendo de los parámetros básicos. (1,2,3) B. Encontrar el valor de resistencia efectiva en un conductor partiendo de las características físicas del mismo. (4,5,6) C. Analizar la impedancia serie en una línea de transmisión considerando el efecto de retorno por tierra. (7) D. Interpretar las componentes incidentes y reflejadas para la tensión y la corriente en cualquier punto a lo largo de una línea de transmisión. (8,9) E. Hallar el equivalente π y T de una línea de transmisión a partir del modelo exacto. (8,9,10) F. Plantear las ecuaciones de tensión y corriente para el modelo de una línea de longitud media. (11,12,13) G. Calcular la relación de la tensión y la corriente para el modelo circuital de una línea de longitud corta. (14,15) H. Calcular la regulación de tensión para cada uno de los tipos de líneas de transmisión. (16,17) I. Determinar el flujo de potencia en una línea de transmisión. (18) J. Determinar la capacidad de transmisión (SIL, Surge Impedance Loading). (18)

<ol style="list-style-type: none"> 14. Reconocer los parámetros eléctricos que conforman el modelo circuital de una línea de longitud corta. 15. Representar circuitalmente una línea de transmisión de longitud corta. 16. Comprender los conceptos de regulación de tensión en una línea de transmisión de energía eléctrica. 17. Interpretar el concepto de regulación de tensión en una línea de transmisión. 18. Analizar los flujos de potencia activa y reactiva en una línea de transmisión. 	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocer los parámetros eléctricos como una representación de los fenómenos eléctricos y magnéticos que tienen lugar en una línea de transmisión de energía eléctrica. 2. Comprender el concepto de regulación de tensión en los sistemas de distribución 3. Identificar las características de las líneas de acuerdo con la longitud. 4. Identificar los modelos circuitales y fasoriales en las líneas teniendo en cuenta la longitud. 5. Identificar los sistemas de distribución de corriente alterna en monofásicos y trifásicos. 6. Identificar las características eléctricas de los sistemas trifilares en redes de distribución. 7. Reconocer el diagrama fasorial para las redes monofásicas en corriente alterna. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Calcular La regulación de tensión de un sistema de distribución. (1) B. Encontrar las constantes generalizadas para una línea de transmisión de longitud media usando el modelo π y T. (3-4) C. Identificar las características de un sistema trifásico conexión estrella y conexión delta. (2-3) D. Seleccionar los conductores para los sistemas trifilares. (5-6) E. Calcular La regulación de tensión en los sistemas trifilares. (6) F. Calcular las pérdidas de potencia y regulación de tensión en los sistemas de corriente alterna monofásicos. (7)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir el circuito alimentador y circuito ramal en una instalación eléctrica. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Calcular el circuito alimentador y circuito ramal en una instalación eléctrica. (1)

<ol style="list-style-type: none"> 2. Identificar la corriente nominal del circuito ramal según lo establecido por la reglamentación y normatividad vigente o el operador de red. 3. Detallar la protección circuitos ramales de acuerdo con las exigencias del operador de red y la NTC 2050. 4. Reconocer los tipos de montaje de las celdas y tableros. 5. Identificar los tipos de celdas y tableros en instalaciones eléctricas. 6. Determinar los requisitos para las celdas y tableros en instalaciones eléctricas. 7. Reconocer los aspectos importantes para el dimensionamiento y selección del conductor adecuado según lo establecido en la NTC 2050 y el RETIE. 8. Detallar la validación selección del conductor por caída de tensión, condiciones de arranque, condiciones de cortocircuito y pérdidas de potencia y energía en las instalaciones eléctricas de uso final. 9. Identificar el dimensionamiento y ocupación de tuberías de acuerdo con lo establecido en la NTC 2050. 10. Reconocer los pasos para la selección de la acometida en una instalación eléctrica. 11. Definir la protección de acometidas de acuerdo con las exigencias del operador de red y la NTC 2050. 12. Establecer los peligros para la acometida debido a impactos por rayos. 13. Analizar el proceso para dimensionamiento de centros de carga, celdas y tableros en una instalación eléctrica. 	<ol style="list-style-type: none"> B. Aplicar la reglamentación y normatividad vigente o del operador de red para el cálculo de la corriente nominal del sistema. (2) C. Utilizar la norma NTC 2050 para la protección circuitos ramales en instalaciones eléctricas. (3) D. Adaptar el tipo de montaje de las celdas y tableros en un sistema eléctrico. (4) E. Diseñar las celdas y tableros en las instalaciones eléctricas. (5,6) F. Realizar el dimensionamiento y selección del conductor adecuado según lo establecido en la NTC 2050 y el RETIE. (7) G. Aplicar la norma NTC 2050 y el RETIE para la validación de conductores en las instalaciones eléctricas de uso final. (8) H. Realizar el dimensionamientos y ocupación de tuberías de acuerdo con lo estipulado en la NTC 2050 para instalaciones eléctricas. (9) I. Aplicar los pasos para la selección de la acometida en una instalación eléctrica. (10) J. Emplear la norma NTC 2050 para la protección de acometidas en instalaciones eléctricas. (11,12) K. Realizar el dimensionamiento de centros de carga, celdas y tableros en una instalación eléctrica. (13)
<p>PERDIDAS</p>	

<ol style="list-style-type: none"> 1. Entender el concepto de pérdidas de potencia propias del conductor. 2. Explicar el concepto de efecto corona en líneas de transmisión. 3. Reconocer los factores que influyen en el efecto corona. 4. Precisar el factor de superficie y forma según el conductor. 5. Determinar la densidad relativa del aire a partir de las condiciones atmosféricas de la zona de la línea de transmisión. 6. Definir el concepto del factor de seguridad corona para la selección del conductor. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Encontrar las pérdidas de potencia por resistencia del conductor. (1) B. Determinar las pérdidas por conductancia en el aislamiento de la línea. (1,2) C. Calcular el factor de seguridad para que no se presente efecto corona en tiempo seco. (6) D. Calcular las pérdidas por efecto corona en una línea de transmisión (2,3,4,5,6)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprender las características que representan las redes malladas en los sistemas de distribución 2. Interpretar la definición de los flujos de potencia para los diferentes modelos circuitales 3. Reconocer cómo influye la potencia activa para la selección de los conductores en los diferentes modelos circuitales 4. Interpretar cómo influye la potencia reactiva en los flujos de su potencia de los modelos circuitales 5. Entender el concepto de factor de potencia para flujo de carga 	<ol style="list-style-type: none"> A. Calcular regulación y pérdidas en la selección del conductor de los circuitos mallados. (1) B. Hallar el factor de potencia en los modelos de flujo de potencia. (3-5) C. Determinar la potencia activa y reactiva para el cálculo de conductores. (3-4) D. Calcular el flujo de potencia presente en el modelo circuital de los sistemas de potencia. (2)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocer los diagramas fasoriales para los sistemas monofásicos en corriente alterna. 2. Reconocer los diagramas de tensiones, el sistema trifásico en corriente alterna. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Calcular las pérdidas de potencia y regulación de tensión para las de corriente alterna monofásicos. (1) B. Calcular las caídas de tensión, regulación y pérdidas para las instalaciones en corriente alterna trifásicos. (2)
PROTECCIONES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Clasificar el tipo de tensiones y sobretensiones que se presentan en una línea de transmisión. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Calcular el número de aisladores en una cadena por distancia de fuga. (1,2,3)

<ol style="list-style-type: none"> 2. Distinguir los niveles de aislamientos normalizados asociados con la tensión máxima de una línea de transmisión. 3. Entender la función y características de una requeridos para el seccionamiento y la protección de las líneas contra sobrecorriente y fallas a tierra. 4. Conocer los factores ambientales que afectan el cálculo del aislamiento. 5. Conocer las distancias mínimas de seguridad normalizadas. 6. Explicar el concepto de las descargas atmosféricas y su efecto en las líneas de transmisión. 7. Identificar la normativa aplicable para protección contra rayos. 8. Reconocer los componentes de un sistema integral de protección contra rayos. 9. Definir el concepto de nivel cerámico y densidad de descargas a tierra. 10. Comprender los métodos de apantallamiento aceptados para líneas de transmisión. 11. Conocer los materiales y calibres utilizados para el cable de guarda. 12. Identificar la normativa aplicable a sistemas de puesta a tierra para líneas de transmisión. 13. Identificar los valores típicos de resistividad en diferentes tipos de suelos. 14. Conocer métodos usados para reducir o mejorar los valores de la resistencia de puesta a tierra. 	<ol style="list-style-type: none"> B. Determinar el número de aisladores requeridos por sobretensiones de maniobra. (2) C. Determinar el número de aisladores por descargas atmosféricas. (2) D. Seleccionar la cadena de aisladores para una línea de transmisión. (1,2,3) E. Encontrar las distancias mínimas de seguridad para una línea de transmisión. (4,5) F. Determinar la posición del cable de guarda para el apantallamiento de una línea de transmisión. (6,7,8,9,10) G. Detallar los métodos para obtener la sección mínima del conductor de guarda por descarga atmosférica y por capacidad de cortocircuito. (7,8,10,11) H. Hallar la sección normalizada para el cable de guarda de una línea de transmisión. (7,10,11) I. Determinar el calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra y de los conductores de la malla de puesta a tierra (12,13). J. Especificar los valores normalizados para la resistencia de puesta a tierra de estructuras en líneas de transmisión. (13,14)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Interpretar el concepto y principio de funcionamiento de las protecciones. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Diferenciar los dispositivos de sobretensiones que se utilizan

<ol style="list-style-type: none"> 2. reconocer las características eléctricas de los elementos de sobrecorriente interruptor automático fusible de recloser y seccionalizadores. 3. Interpretar el concepto y principio de funcionamiento de las protecciones de sobretensión. 4. Comprender el concepto de nivel isoceraunico. 5. Interpretar el concepto de falla a tierra en el sistema eléctrico. 6. Reconocer los componentes de un sistema integral de protección contra rayos. 7. Identificar la normativa aplicable para la medida de la resistencia de puesta a tierra. 	<p>para proteger un sistema de distribución. (3)</p> <ol style="list-style-type: none"> B. Determinar el electrodo y el calibre de los conductores de la malla de los sistemas puesta a tierra. (5-7) C. Aplicar la normativa para la identificación del sistema de protección contra rayos. (4-6) D. Emplear la normativa para la definición del sistema puesta a tierra. (7) E. Indagar las causas por las cuales se representan las sobretensiones. (3) F. Diferenciar los dispositivos de sobretensiones que se utilizan para proteger un sistema distribución. (1-2) G. Identificar los efectos y causas del cortocircuito. (5)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Interpretar el concepto y principio de funcionamiento de las protecciones de sobrecorriente. 2. Reconocer las características eléctricas de los elementos de sobrecorriente (interruptores, fusible, recloser, seccionalizadores). 3. Seleccionar el tipo de fusible de acuerdo con los niveles de tensión y de corriente de cortocircuito. 4. Elegir los seccionalizadores de acuerdo con las tensiones y corrientes nominales de la red 5. Definir el sistema de puesta a tierra. 6. Reconocer los requisitos generales de un sistema de puesta a tierra según el RETIE. 7. Describir el procedimiento básico sugerido para el diseño de un sistema de puesta a tierra según el RETIE. 8. Identificar los materiales de los sistemas de puesta a tierra según el RETIE. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Organizar los dispositivos de sobrecorrientes que se utilizan para proteger las instalaciones eléctricas. (1,2) B. Clasificar los dispositivos de protección de sobre Corrientes que permiten interrumpir corrientes de falla. (3,4) C. Diseñar el sistema de puesta a tierra de una instalación eléctrica. (5-13) D. Aplicar los reglamentos y normas de protección contra rayos en las instalaciones eléctricas. (14-19) E. Establecer los factores de diseño de un sistema puesta a tierra para protección contra rayos. (20) F. Clasificar las metodologías más utilizadas para la evaluación del riesgo contra rayos. (21)

<ol style="list-style-type: none"> 9. Seleccionar los valores de referencia de resistencias de puesta a tierra en un sistema eléctrico según el RETIE. 10. Analizar las medidas de resistividad del terreno, corrientes de falla a tierra y tiempos de despeje de estas según lo estipulado en el RETIE. 11. Identificar las técnicas de medición para sistemas de puesta a tierra. 12. Determinar la medición de la resistencia de puesta a tierra según lo estipulado en el RETIE. 13. Determinar la medición de tensión de paso y contacto según lo estipulado en el RETIE. 14. Realizar la evaluación del riesgo por rayos en un sistema eléctrico 15. Identificar el nivel isocerámico en el lugar donde se realiza la instalación eléctrica. 16. Establecer la protección para las estructuras y acometidas contra el impacto por rayos en una instalación eléctrica. 17. Reconocer las leyes y normas de protección contra rayos. 18. Establecer las medidas de protección contra rayos para el diseño de protección en la instalación eléctrica. 19. Determinar las zonas y niveles de protección contra rayos en una instalación eléctrica. 20. Identificar los factores de diseño de un sistema de puesta tierra para protección contra rayos. 21. Identificar las metodologías más utilizadas para la evaluación del riesgo contra rayos. 	
CÁLCULOS MECÁNICOS	
<ol style="list-style-type: none"> 1. la ecuación que describe a un conductor suspendido entre dos apoyos. 2. Identificar las características mecánicas del conductor eléctrico. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Determinar ecuación de la longitud de la catenaria. (1,2,3) B. Establecer la ecuación de la flecha en una línea de transmisión. (1,3)

<ol style="list-style-type: none"> 3. Definir el concepto de la flecha en una línea de transmisión. 4. Identificar los esfuerzos mecánicos que se presentan en una línea de transmisión. 5. Describir las hipótesis de diseño mecánico para una línea de transmisión. 6. Determinar el factor de sobrecarga para cada hipótesis de diseño. 7. Comprender el efecto del cambio de temperatura en los conductores eléctricos de las líneas de transmisión. 8. Reconocer las condiciones de máxima temperatura y sobrecarga de una línea de transmisión. 9. Reconocer las condiciones de temperatura mínima y sin sobrecarga. 	<ol style="list-style-type: none"> C. Determinar la tensión mecánica que cumple con el factor de seguridad para cada hipótesis de diseño. (4,5,6,7) D. Determinar la ecuación de cambio de estado para los conductores. (7) E. Determinar las ecuaciones de la catenaria para flechas máximas y mínimas verticales para diferentes vanos. (8,9) F. Hallar las ecuaciones de la parábola de flechas máximas y mínimas verticales para diferentes vanos (8,9).
---	--

PRESUPUESTOS DE OBRAS ELÉCTRICAS

<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocer las unidades constructivas de las que está compuesta una instalación eléctrica. 2. Detallar la estructura de un APU. 3. Establecer las cantidades y presupuestos de herramientas, equipos, materiales, transporte y mano de obra 4. Identificar los costos necesarios para la ejecución de un proyecto eléctrico. 	<ol style="list-style-type: none"> A. Clasificar las unidades constructivas de las que está compuesta una instalación eléctrica según las características técnicas y propósitos de cada una. (1) B. Realizar el presupuesto de un proyecto eléctrico con base en un análisis de precios unitarios. (2-4)
---	--

Nota: Adaptado de Alberto Enrique Murcia Rodríguez, Juan Danilo Cruz Prada. Diseño curricular de la asignatura líneas de transmisión de energía eléctrica bajo la visión de competencias. Universidad Industrial de Santander escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y telecomunicaciones facultad de ingenierías físico-mecánicas Bucaramanga, 2017.

4. Etapas de diseño

Para lograr el objetivo de definir las etapas de un proceso de diseño en ingeniería eléctrica bajo condiciones y restricciones reales en el área de conocimiento, asociado con las asignaturas de líneas de transmisión, sistemas de distribución e instalaciones de uso final se llevaron a cabo investigaciones donde el trabajo en equipo conformado por el profesor Wilson Giraldo Picón como el experto docente y los estudiantes Juan Camilo Oróstegui y Eslendy Pinzón como desarrolladores fue esencial.

Posteriormente se realizó una definición integral del proyecto identificando, mediante listados causas potenciales que originaron una mejor solución.

En la selección y análisis de estas causas potenciales se tuvo en cuenta los insumos proporcionados, como lo son: el diagrama secuencial, la tabla de saberes integrada, los recursos bibliográficos y la opinión del experto docente, arrojando como resultado que las etapas sean acciones correctivas y permanentes. El objetivo de realizar estas etapas es materializar estas etapas de diseño, de tal manera que estudiantes en estas asignaturas tengan una guía o referente para tener una visión más clara cuando se habla de un proyecto de diseño eléctrico.

A continuación, se presentan las etapas de diseño:

4.1.1 Etapa 1: Proporcionar el plano de ubicación del predio.

Se debe proporcionar el plano de (ubicación, vías de comunicación, sector de riesgo) donde se realizará el proyecto.

4.1.2 Etapa 2: Información del proyecto (descripción, parámetros)

En esta parte se especifica el propósito del proyecto, de aquí se empiezan a identificar los requisitos técnicos, legales, normativos, ambientales, reglamentarios que se van a tomar en cuenta, además de se define lo que se va a realizar junto con la ubicación y/o conexión con otras obras.

4.1.3 Etapa 3: El punto de conexión

4.1.3.1 Nivel de tensión

Los sistemas de transmisión regional y/o distribución local se clasifican por niveles, en función de la tensión nominal de operación, según la siguiente definición:

Nivel 5: Sistemas con tensión mayor o igual a 220 kV.

Nivel 4: Sistemas con tensión mayor o igual a 57.5 kV y menor a 220 kV.

Nivel 3: Sistemas con tensión mayor o igual a 30 kV y menor a 57.5 kV.

Nivel 2: Sistemas con tensión mayor o igual a 1 kV y menor a 30 kV.

Nivel 1: Sistemas con tensión menor a 1 kV.

4.1.3.2 Nivel corto circuito

Para definir el nivel de corto circuito se deben realizar estudios pertinentes en dónde se analiza el nivel de corriente máximo que pueden soportar los equipos para así garantizar un nivel de corto circuito que no los afecte y que sea el adecuado durante la vida útil de estos.

4.1.4 Etapa 4: Especificaciones de diseño y ubicación de tableros de control, protecciones, sistema de control, servicios auxiliares, aislamiento, conductores por fase.

4.1.4.1 Especificaciones técnicas mínimas

Tensión nominal trifásica, frecuencia nominal, tipo de línea, longitud aproximada, altura msnm, circuitos por torre o canalización, conductores por fase, subconductores por fase, cables de guarda, cantidad de cables de guarda, distancias de seguridad, ancho de servidumbre, máximo campo eléctrico e interferencia, contaminación, condiciones de tendido de los cables, estructuras, arboles de carga y curvas de utilización, herrajes, cadena de aisladores, diseño aislamiento, valor resistencia de puesta a tierra, salidas por descargas atmosféricas, cimentaciones.

Tramo de ubicación que abarca el proyecto de diseño eléctrico (Investigaciones detalladas y consultas a las autoridades ambientales, a las autoridades nacionales, regionales y locales, los diferentes planes de ordenamiento territorial que se puedan ver afectados, a las autoridades que determinan las restricciones para la aeronavegación en el área de influencia del proyecto y, en general, con todo tipo de restricciones y reglamentaciones existentes).

4.1.4.2 Especificaciones de construcción del proyecto

Se tiene en cuenta las normas o reglamentos correspondiente al proyecto.

- Coordinación de aislamiento.
- Conductores de fase.
- Puestas a tierra.
- Estructuras si se requieren (En caso de utilizarse se debe considerar distancias mínimas con respecto a sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, de maniobra y frecuencia industrial).
- Localización de estructuras si se requieren (En caso de utilizarse de debe tener en cuenta distancias mínimas de seguridad entre el conductor inferior de la línea y el terreno en zonas

accesibles a peatones y obstáculos tales como vías, oleoductos, líneas de transmisión o comunicaciones, ríos navegables, bosques. Cumplir lo establecido en el RETIE).

- Cimentaciones si se requieren (De ser así se debe cumplir lo establecido en la Resolución CREG 098 de 2000, numeral 2.7).
- Obras complementarias (Obras de mitigación, control de efectos ambientales y demás obras que se requieran).
- Informe técnico (Según lo establecido en el numeral 3 de la Resolución CREG 098 de 2000 o como se establezca en resoluciones posteriores a esta).

4.1.4.3 Especificaciones de equipos

Especificaciones técnicas de equipos de patio, puesta a tierra, sistemas de apantallamiento, dispositivos de protección contra sobretensiones, gabinetes de control y protección, equipos de medida, control, protección y comunicaciones, cables desnudos, para barrajes e interconexión de equipos, especificación funcional del sistema de control, lista de señales para un sistema de control, de los equipos de la subestación, especificación técnica de los servicios auxiliares ac/dc, especificación técnica del sistema de alumbrado interior y exterior, especificaciones técnicas para montaje electromecánico, pruebas individuales de equipos, pruebas funcionales y puesta en servicio.

4.1.4.4 Especificaciones para la subestación (Información específica remitida por los propietarios de la infraestructura existente)

- Conexiones con equipos existentes (Verificar compatibilidad los equipos en funcionalidad, comunicaciones, control, protecciones).

- Infraestructura y módulo común (Tener en cuenta espacio necesario para el desarrollo de las conexiones, espacios de acceso, vías internas y edificios, infraestructura civil, equipos para las obras).
- Normas para fabricación de los equipos (Suministrar equipos en conformidad con las últimas versiones de las normas IEC, ISO, ANSI, ITU-T, CISPR, el uso de normas diferentes deberá ser sometido a pruebas sobre su validez en aspectos eminentemente técnicos y de calidad).
- Condiciones sísmicas de los equipos (Se deberán entregar copias de las memorias de cálculo en donde se demuestre que los suministros son aptos para soportar las condiciones sísmicas del sitio de instalación).

4.1.5 Etapa 5: Diseño, adquisición de los suministros, construcción, pruebas, puesta en servicio, operación, costos, material, reglamentos, licencias y equipos.

4.1.5.1 Características técnicas de los equipos

Características técnicas, interruptores, seccionadores, transformadores de corriente y tensión, descargadores de sobretensión, aisladores y cadenas de aisladores, dimensiones de equipos, características técnicas de cables de fuerza y control, dispositivo de protección contra sobretensiones, sistema de automatización y control, sistema de comunicaciones, características de equipos y materiales del sistema de servicios auxiliares ac/dc, características técnicas, cables desnudo para interconexión de equipos y barrajes.

4.1.5.2 Planos electromecánicos

Diagrama unifilar de la subestación, con características de equipos, protecciones, medidas, servicios auxiliares ac y dc, arquitectura sistema de control de la subestación, planimetría del

sistema de apantallamiento y puesta a tierra, planos en planta de ubicación de equipos, planos vista en cortes de equipos, planos ubicación de equipos en sala de control, elevación general de edificaciones y equipos, planos de ruta de bandejas porta cables, cárcamos y tubería, planimetría general alumbrado y tomacorrientes, interior, exterior.

4.1.5.3 Planos de obras civiles

Plano localización de la subestación, plano disposición de bases de equipos, planos cimentación del transformador de potencia, de equipos y pórticos, plano base cimentación del transformador de potencia, plano de drenajes de la subestación, plano de cárcamos y ductos para cables en patio, plano de cárcamos y ductos para cables en sala de control, planos casa de control, plano disposición de bases para equipos en sala de control, plano cerramiento de la subestación, plano obras de adecuación.

4.1.5.4 Estudios y trabajos de campo

Levantamiento topográfico del lote seleccionado, estudio de suelos mediante apique o sondeos en el área del lote seleccionado, identificación de los accesos y presentación de recomendaciones para el transporte de equipos y materiales, presentar informes de progreso y programas de trabajos mensuales, análisis diseños típicos y definición parámetros, análisis de resultados de suelos y diseños obras civiles, elaboración informe de diseños y memorias de cálculo.

4.1.5.5 Documentos de la ingeniería de detalle

Se fundamentará en las especificaciones de ingeniería de detalle que se emitan en la fase de ingeniería básica).

4.1.5.6 Cálculos detallados de obras civiles

Criterios básicos de diseño de obras civiles, dimensiones y pesos de equipos, memorias de cálculo estructural para cimentación del transformador de potencia, equipos de patio, la caseta de control, memoria de cálculo muro de cerramiento, árboles de carga para estructuras soporte de equipos, memorias de cálculo estructural para canaletas de cables eléctricos exteriores y cárcamos interiores en caseta de control, memoria de cálculo árboles de carga para estructuras de pórticos de líneas y barrajes, para vías, parqueos y zonas de maniobra en pavimento rígido, memoria de cálculo estructural para canaletas de cables exteriores e interiores en casa de control, memoria de cálculo para el sistema de drenaje de aguas lluvias, memoria de cálculo sistema de acueducto.

4.1.5.7 Planos de obras civiles

Planos para construcción de bases para equipos, planos estructurales con árboles de carga para construcción de estructuras soporte para equipos y pórticos a la tensión trabajada, planos para construcción de cárcamos de cables, ductos y cajas de tiros, acabados exteriores, del sistema de drenajes y aguas residuales, planos estructurales para construcción de caseta de control, ubicación de bases de tableros, equipos y canales interiores, planos arquitectónicos y de acabados para la caseta de control, planos para construcción de vías.

4.1.5.8 Diseño detallado electromecánico

Contiene la documentación técnica aprobada que debe cumplir como mínimo con la siguiente documentación.

4.1.5.9 Sistema de puesta a tierra

Planos de malla de puesta a tierra planta y detalles de conexiones a equipos y estructuras, lista de materiales referenciados sobre planos, plano de conexión de equipos interior y tableros a la malla de tierra, detalles, memorias de cálculo de diseño de la malla de puesta a tierra, procedimiento para la medida de la resistencia de puesta a tierra y de las tensiones de paso y contacto, según el RETIE.

4.1.5.10 Equipos principales

Equipos de patio: disposición general de la planta y cortes del patio de conexiones, incluyendo las distancias entre los centros de los equipos, peso de cada uno de los equipos y localización del centro de masa con relación al nivel rasante del patio, Características geométricas de equipos y peso de los soportes de equipos, sistemas de anclaje, diseño de las cimentaciones de los equipos de patio, dimensiones requeridas para canales de cables de potencia y cables de control, diseño civil de los canales de cables, diseño geométrico y sistemas de fijación de las bandejas porta cables y de ductos para cables entre los equipos y las bandejas, localización, geometría y sistemas de anclaje de los gabinetes de conexión.

4.1.5.11 Equipos de patio

Para equipos de corte, transformadores de medida, descargadores de sobretensión, diagramas eléctricos completos para control, señalización, etc., hasta borneras de interconexión, características técnicas definitivas, dimensiones y pesos, placas de características técnicas, información técnica complementaria y catálogos, manuales detallados para montaje de los equipos,

manuales detallados para operación y mantenimiento, protocolo de pruebas en fábrica, procedimiento para pruebas en sitio.

4.1.5.12 Para tableros

Diagramas esquemáticos que incluyan todos los circuitos de c.a. y c.c., diagramas eléctricos completos hasta borneras de interconexión para circuitos de control, señalización y protección, lista de instrumentos de control de medida, señalización, protecciones, fusibles, etc., que serán instalados en los tableros, suministrando información técnica y catálogos respectivos con indicación clara del equipo suministrado, planos de disposición física de elementos y equipos dentro de los tableros, instrucciones detalladas de pruebas y puestas en servicio, elaboración de planos desarrollados, esquemáticos de control, protección, medida, telecontrol y teleprotección, incluyendo: diagramas de principio y unifilares, diagramas de circuito, diagramas de localización exterior e interior, tablas de cableado interno y externo, disposición de aparatos y elementos en tableros de control; también se deben entregar como mínimo, los siguientes diagramas de principio: diagramas de protección y del sistema de gestión de los relés, del sistema de control de la subestación, medición de energía, comunicaciones, diagramas lógicos de enclavamientos; diagramas de bloque para enclavamientos eléctricos de toda la subestación, listado de cables y borneras, planos de interfase con equipos existentes.

4.1.5.13 Estudios del sistema

Condiciones atmosféricas del sitio de instalación, parámetros ambientales y meteorológicos, contaminación ambiental, estudios topográficos, geotécnicos, sísmicos y de resistividad, cálculo de flechas y tensiones, flujos de carga, estudios de corto circuito, estudio de

estabilidad para determinar tiempos máximos de despeje de fallas, cálculos de sobretensiones, estudios de coordinación de protecciones, selección de aislamiento, incluye selección de descargadores de sobre tensión y distancias eléctricas, estudio de cargas ejercidas sobre las estructuras metálicas de soporte debida a sismo y a corto circuito, selección de equipos, conductores para barrajes, cables de guarda y conductores aislados, memoria de revisión de los enlaces de comunicaciones existentes, estudio de apantallamiento contra descargas atmosféricas, dimensionamiento de los servicios auxiliares ac y dc, informe de interfases con equipos existentes, estudios ambientales, programas del plan de manejo ambiental, de acuerdo con el estudio de impacto ambiental, ajustes de relés de protecciones, dispositivos de mando sincronizado y registradores de fallas.

4.1.5.14 Distancias de seguridad

Cumplir los lineamientos establecidos en el RETIE.

4.1.5.15 Equipos de potencia

Cumplir los lineamientos establecidos por las normas y reglamentos correspondientes, pruebas de rutina, pruebas tipo y pruebas de sitio.

- Interruptores (Deben cumplir prescripciones de la última edición de las normas IEC 62271-100, 60694, 60265, además de las siguientes características técnicas: Norma de fabricación, tensión nominal de operación, tensión máxima de operación, corriente nominal de operación, corriente de corto-circuito, nivel básico de aislamiento, mecanismo de operación, tipo de operación

y accionamiento, medio de extinción del arco, secuencia de maniobras de cierre asignada, número de bobinas de apertura y cierre por mecanismo, línea de fuga mínima, fase-tierra.

- Descargadores de sobretensión (Deben cumplir prescripciones de la última edición de las normas IEC 60099-4, 61264, además de las siguientes características técnicas: Norma de fabricación, tensión nominal de operación, tensión máxima de operación, tensión asignada, corriente de descarga soportada, corriente de cortocircuito, nivel básico de aislamiento, capacidad mínima de disipación de energía asignada para dos impulsos de larga duración, línea de fuga mínima, fase-tierra.

- Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra (Deben cumplir prescripciones de la última edición de las normas IEC 62271-102, 60273, 60694, además de las siguientes características técnicas: Norma de fabricación, tensión nominal de operación, tensión máxima de operación, corriente de cortocircuito, corriente nominal de operación, nivel básico de aislamiento, línea de fuga mínima, fase-tierra.

- Transformadores de tensión (Deben cumplir prescripciones de la última edición de las normas IEC 60044-4, 60044-2, 60186, 61869-1/3/5, 60296, además de las siguientes características técnicas: Tensión nominal de operación, tensión máxima de operación, corriente de cortocircuito, nivel básico de aislamiento, relación de transformación asignada, clase de precisión para medida y protección, cargabilidad, línea de fuga mínima, fase-tierra.

- Transformadores de corriente (Deben cumplir prescripciones de la última edición de las normas IEC 60044-4, 60044-1, 61869-1/2, además de las siguientes características técnicas: Norma de fabricación, tensión nominal de operación, tensión máxima de operación, corriente de cortocircuito, nivel básico de aislamiento, relación de transformación asignada, clase de precisión para medida y protección, cargabilidad, línea de fuga mínima, fase-tierra.

- Equipo GIS o híbrido (Deben cumplir prescripciones de la última edición de las normas IEC 6189, 60071, 62271, 60137, 60270, 60376, 60480, 62271-1, 60815-1/2, 62271-209, 62271-303, 61639.

- Sistema de puesta a tierra (Se debe diseñar para que, en condiciones normales y anormales, no presente ningún peligro para el personal situado en cualquier lugar, además de los requerimientos establecidos en el RETIE.

4.1.5.16 Equipos de control y protección

Se deben tener en cuenta las características principales que deben cumplir los equipos de control y protección

- Sistemas de protección (Deben cumplir prescripciones de la última edición de las normas IEC 60255, 60870, IEEE C37.111 o cumplir con las respectivas normas ANSI, se definen las configuraciones de las protecciones, su respectivo esquema y funcionamiento.

- Sistema de automatización y control de las subestaciones (Definir los subsistemas y equipos que conforman los niveles de protección establecidos, sistemas remotos de información,

comunicaciones e interfases entre niveles, sistemas de procesamiento, controladores, equipos de patio, switches, registradores de fallas, requisitos de telecomunicaciones etc.

5. Implementación de las etapas de diseño

En el presente capítulo se abordaron las temáticas correspondientes a la implementación por etapas de diseño. Estas etapas de diseño son el plan de acción que da el aval de realizar las actividades y operaciones para cumplir con las metas del proyecto. La evaluación previa de este plan de acción garantiza que las restricciones, normas, tiempo y gastos económicos no deriven riesgos, ya que las etapas se realizaron con medidas correctivas.

5.1.1 Desarrollo de la etapa 1: Proporcionar el plano de ubicación del predio.

Con base en los planos y la información suministrada es posible establecer aspectos en el proyecto tales como distancias mínimas de seguridad, ubicación de equipos, vías de acceso, se verifica el terreno para tramitar licencias ambientales y licencias de construcción.

5.1.2 Desarrollo de la etapa 2: Información del proyecto (descripción, parámetros).

Este proyecto consiste en el diseño, adquisición de los suministros, construcción, pruebas, puesta en servicio, operación y mantenimiento de las obras asociadas al Proyecto de conexión de la Subestación La Enea 230 kV al circuito San Felipe – La Esmeralda 230 kV, definido en el “Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2014-2028” y adoptado mediante Resolución del Ministerio de Minas y Energía 40029 de enero 9 de 2015, el cual comprende:

Dos (2) bahías de línea a 230kV, en configuración barra principal y barra de transferencia, en la existente subestación La Enea 230kV, ubicada en el municipio de Villamaría, departamento de Caldas.

- a) Dos (2) circuitos 230kV con una longitud aproximada de 50m, desde la existente subestación La Enea 230kV y hasta interceptar el circuito existente San Felipe – Esmeralda 230kV, para reconfigurarla en el circuito San Felipe – La Enea 230kV y La Enea – Esmeralda 230Kv. El circuito que se intercepta llega a los pórticos de la Subestación existente la Enea.
- b) Todos los equipos e instalaciones para suministrar por el Transmisor deberán ser 20 nuevos y de última tecnología, cumplir con las siguientes características técnicas del STN, 21 las cuales serán verificadas por la Interventoría para la UPME.

Parámetros Generales

Tensión nominal: 230kV

Frecuencia asignada: 60Hz

Puesta a tierra: Sólida

Número de fases: 3

Subestaciones 230kV

Servicios auxiliares AC: 120/208, tres fases, cuatro hilos

Servicios auxiliares DC: 125V

Tipo de las subestaciones: Convencional o GIS o Híbrido

Líneas de transmisión 230kV

Tipo de línea y estructuras: Aérea con torres auto-soportadas y/o postes y/o estructuras compactas y/o subterráneas.

Circuitos por torre o canalización: Según diseño. Para líneas aéreas, se podrán compartir estructuras de soporte con infraestructura existente.

Conductores de fase: La descripción está definida en las especificaciones.

Cables de guarda: La descripción está definida en las especificaciones.

5.1.3 Desarrollo de la etapa 3: El punto de conexión.

5.1.3.1 Solución del nivel de tensión en la etapa 3

Nivel 5 debido a que se manejan tensiones mayores en la subestación.

5.1.3.2 Solución del nivel corto circuito en la etapa 3

La capacidad de corto circuito asignada a los equipos que se instalarán objeto de la presente convocatoria no deberá ser inferior a 40 kA.

5.1.4 Desarrollo de la etapa 4: Especificaciones de diseño y ubicación de tableros de control, protecciones, sistema de control, servicios auxiliares, aislamiento, conductores por fase.

5.1.4.1 Especificaciones técnicas mínimas de la etapa 4

Tensión nominal trifásica:230kV

Frecuencia nominal: 60Hz

Tipo de línea: Aérea con torres auto-soportadas y/o postes y/o estructuras compactas y/o subterráneas.

Longitud aproximada: 50m.

Altura msnm: Entre 2000m y 2400m.

Circuitos por torre o canalización: Según diseño. Para líneas aéreas, se podrán compartir estructuras de soporte con infraestructura existente.

Conductores por fase: Deben tener capacidad normal de operación del circuito a temperatura ambiente máxima promedio, máxima resistencia DC a 20°C por conductor de fase, garantizar valores de capacidad de corriente y resistencia, la tensión longitudinal máxima en el conductor no deberá exceder el 50% de su correspondiente tensión de rotura, debe cumplir con las exigencias de radio interferencia establecidas en la normatividad aplicable.

Subconductores por fase: En caso de conductores en haz o múltiples por fase, la resistencia DC a 20°C por conductor de fase corresponderá a la resistencia en paralelo de los subconductores de cada fase y la capacidad de corriente corresponderá a la capacidad en paralelo de los subconductores.

Cables de guarda: Al menos uno de los cables de guarda deberá ser OPWG, con la única excepción de líneas a reconfigurar que no tengan instalados cables con fibra óptica.

Cantidad de cables de guarda: Se requiere que todos los tramos de línea tengan uno o dos cables de guarda convencionales o OPGW.

Distancias de seguridad: Según código de redes o RETIE según aplique.

Ancho de servidumbre: Según código de redes o RETIE según aplique.

Máximo campo eléctrico e interferencia: Según código de redes o RETIE según aplique.

Contaminación: Se debe verificar la presencia en el aire de partículas que pueda tener importancia en el diseño del aislamiento.

Condiciones de tendido de los cables: Según código de redes o RETIE según aplique.

Estructuras: El dimensionamiento eléctrico de las estructuras se debe realizar considerando la combinación de las distancias mínimas que arrojen los estudios de sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, a las sobretensiones de maniobra y a las sobretensiones de frecuencia industrial. Las estructuras de apoyo para las líneas aéreas y las de transición aéreo-subterráneo deberán ser auto-soportadas.

Árboles de carga y curvas de utilización: Según código de redes o RETIE según aplique.

Herrajes: Según código de redes o RETIE según aplique.

Cadena de aisladores: Según código de redes o RETIE según aplique.

Diseño aislamiento: Según código de redes o RETIE según aplique.

Valor resistencia de puesta a tierra: Según código de redes o RETIE según aplique.

Salidas por descargas atmosféricas: Según código de redes o RETIE según aplique.

Cimentaciones: Según código de redes o RETIE según aplique.

La selección de la ruta de la línea de transmisión en este caso tendrá como responsable al inversionista seleccionado.

5.1.4.2 Especificaciones de construcción del proyecto de la etapa 4

- Se tiene en cuenta las normas o reglamentos correspondiente al proyecto: Se tienen en cuenta los Documentos de Selección del Inversionista (DSI), Código de Redes (Resolución CREG 025 de 1995 y actualizaciones, en especial CREG 098 de 2000, RETIE (Resolución MME 90708 de 30 de agosto de 2013, y actualizaciones, correcciones y/o modificaciones posteriores.

- Coordinación de aislamiento: Teniendo en cuenta las máximas sobretensiones que puedan presentarse en las líneas por las descargas atmosféricas, por maniobras propias de la operación, en particular el cierre y apertura de las líneas en vacío, despeje de fallas con extremos desconectados del sistema, considerando que en estado estacionario las tensiones en las barras de 230 kV no deben ser inferiores al 90% ni superiores al 110% del valor nominal y que los elementos del sistema deben soportar las tensiones de recuperación y sus tasas de crecimiento. Además de acuerdo con la Resolución CREG 098 de 2000 se considera como parámetro de diseño un límite máximo de tres (3) salidas por cada 100 km de línea /año ante descargas eléctricas atmosféricas, una (1) falla por cada 100 operaciones de maniobra de la línea y servicio continuo permanente ante sobretensiones de frecuencia industrial. El aislamiento de los cables deberá garantizar la operación de continua de la línea ante sobretensiones de frecuencia de 60 Hz.

- Conductores de fase: Deben tener capacidad normal de operación del circuito a temperatura ambiente máxima promedio, máxima resistencia DC a 20°C por conductor de fase, garantizar valores de capacidad de corriente y resistencia, la tensión longitudinal máxima en el conductor no deberá exceder el 50% de su correspondiente tensión de rotura, debe cumplir con las exigencias de radio interferencia establecidas en la normatividad aplicable. El conductor de fase del circuito a instalar deberá tener conductores sencillos o en haz de subconductores según decisión del

inversionista que deberá ser soportada ante el Interventor. En caso de conductores en haz o múltiples por fase, la resistencia DC a 20°C por conductor de fase corresponderá a la resistencia en paralelo de los subconductores de cada fase y la capacidad de corriente corresponderá a la capacidad en paralelo de los subconductores de cada fase.

- Puestas a tierra: Con base en la resistividad del terreno y la componente de la corriente de corto circuito que fluye a tierra a través de las estructuras, se deben calcular los valores de puesta a tierra tal que se garanticen las tensiones de paso de acuerdo con la recomendación IEEE 80 y con lo establecido en el RETIE en su última revisión. La medición de las tensiones de paso y contacto para efectos de la comprobación antes de la puesta en servicio de la línea, deberán hacerse de acuerdo con lo indicado en el Artículo 15 del RETIE y específicamente con lo establecido en el numeral 15.5.3., o el numeral aplicable si la norma ha sido objeto de actualización. Los conectores por utilizar deberán contar con certificado de producto donde debe ser claro si son adecuados para enterramiento directo. Para los cables aislados subterráneos se deberá instalar un sistema de puesta a tierra de las pantallas metálicas que garanticen el adecuado funcionamiento de los cables y los voltajes de paso en la superficie de los terrenos aledaños.

- Estructuras si se requieren: El dimensionamiento eléctrico de las estructuras se debe realizar considerando la combinación de las distancias mínimas que arrojen los estudios de sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, a las sobretensiones de maniobra y a las sobretensiones de frecuencia industrial.

Las estructuras de apoyo para las líneas aéreas y las de transición aéreo-subterráneo deberán ser auto-soportadas. Solo en ocasiones excepcionales se podrán considerar estructuras

para situaciones especiales, que requieran apoyos externos, tales situaciones especiales y las condiciones de diseño deberán garantizar la estabilidad de la línea y deben ser justificadas al Interventor, no obstante, su uso estará condicionado al concepto del Interventor y pronunciamiento por parte de la UPME. En cualquier caso, las estructuras no deberán requerir para su montaje el uso de grúas autopropulsadas ni de helicópteros. El Inversionista podrá hacer uso de estos recursos para su montaje, pero, se requiere que estas estructuras puedan ser montadas sin el concurso de este tipo de recursos.

- Localización de estructuras: La temperatura del conductor a considerar para estos efectos será la correspondiente a las condiciones de máxima temperatura del conductor exigida durante toda la vida útil del Proyecto según el RETIE.

- Cimentaciones si se requieren (De ser así se debe cumplir lo establecido en la Resolución CREG 098 de 2000, numeral 2.7)

Los diseños de cimentaciones para las torres de una línea de transmisión deben hacerse considerando los resultados de los estudios de suelos que laudatoriamente debe adelantar el Inversionista en todos los sitios de torre, y las cargas a nivel de cimentación más críticas que se calculen a partir de las cargas mostradas en los árboles de cargas de diseño de cada tipo de estructura.

- Obras complementarias: El Interventor informará a la UPME acerca del cumplimiento de requisitos técnicos del diseño y construcción de todas las obras civiles que garanticen la estabilidad de los sitios de torre, protegiendo taludes, encauzando aguas, etc.

- Informe técnico (Según lo establecido en el numeral 3 de la Resolución CREG 098 de 2000 o como se establezca en resoluciones posteriores a esta)
 - a) Informes de diseño de acuerdo con el numeral 3.1 de la Resolución CREG 098 de 2000.
 - b) Planos definitivos de acuerdo con el numeral 3.2 de la Resolución CREG 098 de 2000
 - c) Materiales utilizados para la construcción de las líneas del Proyecto de acuerdo con el numeral 3.3 de la Resolución CREG 098 de 2000.
 - d) Servidumbres de acuerdo con el numeral 3.4 de la Resolución CREG 098 de 2000
 - e) Informe mensual de avance de obras de acuerdo con el numeral 3.5.1 de la Resolución CREG 098 de 2000
 - f) Informe final de obra de acuerdo con el numeral 3.5.2 de la Resolución CREG 098 de 2000.

5.1.5 Desarrollo de la etapa 5: Diseño, adquisición de los suministros, construcción, pruebas, puesta en servicio, operación, costos, material, reglamentos, licencias y equipos.

En esta etapa se enuncian los requisitos, condiciones y características mínimas que se deben tener en cuenta al momento de realizar el proceso de diseño de ingeniería eléctrica.

6. Conclusiones

En conclusión, se afirma que fue un proyecto bastante productivo, por el resultado obtenido tanto como por la experiencia adquirida en cada etapa de este, se aceptó el reto y con un excelente acompañamiento de el director se identificó el propósito de esta investigación. Como estudiantes de ingeniería eléctrica adquirimos unas excelentes bases académicas durante toda la instancia universitaria, pero algo en lo que se estuvo de acuerdo fue que se necesitaba tener un punto de vista con respecto a un diseño eléctrico en un entorno real. Desde ahí se partió extrayendo los componentes generales y fundamentales en tres asignaturas bases para nuestra carrera (L.T., S.D., I.E.F.). Gracias al trabajo antes realizado y a la dedicación proporcionada se adquirieron herramientas tales como el diagrama secuencial de contenidos y la tabla de saberes integrados que fueron pilares en la realización de las etapas de diseño. Con este insumo se definieron los requisitos mínimos que debe considerarse en un proyecto de diseño eléctrico y para un entorno real, alcanzando así el objetivo principal establecido.

Este trabajo de grado se realizó con la intención de caracterizar e integrar los componentes normativos y reglamentarios junto con las restricciones que se encuentran en los proyectos de diseño de la cotidianidad y a partir del contenido temático eficaz como herramienta de aprendizaje aplicado en las áreas de interés (L. T, S. D, I.U. F), revisando el contenido por cada área y la integración de estas.

La herramienta para la integración de componentes y definición de las características del producto implementada fue la dinámica de la metodología del análisis funcional. Se toma como

referencia el trabajo realizado anteriormente y se obtiene así un resultado más completo e integral que representa a un área de conocimiento de la Ingeniería eléctrica o una línea de desarrollo profesional que correlaciona las tres asignaturas.

Se materializó un diagrama secuencial de contenidos teniendo en cuenta las relaciones directas e indirectas de los contenidos temáticos de las tres asignaturas a través de los conceptos de secuencialidad, relación causa-consecuencia, preconcepto y transversalidad establecidos en la metodología, así después de hacer la integración de las asignaturas mencionadas, se establece un producto de carácter general con el que se permite orientar de mejor manera el propósito del proyecto.

Durante el desarrollo del trabajo de grado la identificación de las competencias cognitivas y procedimentales fueron importantes para observar la relación del conocimiento adquirido y la actitud que se toma para realizar una acción.

Bajo la supervisión de un experto docente y teniendo en cuenta las normativas y reglamentos del sector eléctrico colombiano se definieron unas etapas de diseño con las cuales se soporta un proceso, en dónde se tuvo en cuenta los mínimos requisitos y elementos que debe contener un proyecto de diseño eléctrico, obteniendo un producto de carácter general con base en las tres asignaturas de estudio.

Las etapas de diseño fueron el método analítico para la resolución de problemas ya que se plantea un orden de cómo dar una solución rápida, sencilla a cualquier proyecto en las asignaturas

de diseño. En el proceso de la implementación se observó de manera general las diferentes etapas en que se divide un proyecto desde parámetros básicos y valores nominales para equipos hasta licencias y permisos que se deben tener en cuenta para una correcta realización del proyecto.

Referencias bibliográficas

- Cabrera, Kary y Gonzalez, Luis. Currículo universitario basado en competencias. Bogotá D.C. Ediciones Uninorte, 2006. p21.
- Catalano, Ana M., Avolio de cols, Susana y Sladgna, Monica G. Diseño curricular basado en normas de competencia laboral, Conceptos y orientaciones metodológicas. Banco interamericano de desarrollo. Buenos Aires. 2004.
- Conexión de la subestación La Enea a 230kV al circuito San Felipe – Esmeralda 230kV. UPME. 2016.
- Criterios de diseño y normas para construcción de instalaciones de distribución y uso final de la energía. Compañía energética del Tolima S.A. E.S.P. Tolima. 2018.
- Malagón, Gabriel. Propuesta para el diseño de instalaciones eléctricas de uso final mediante la incorporación de criterios legales, reglamentarios, normativos y técnicos considerando parámetros de compatibilidad electromagnética. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2014.
- Murcia, Alberto Enrique y Cruz, Juan Danilo. Diseño curricular de la asignatura líneas de transmisión de energía eléctrica bajo la visión de competencias. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2017.
- Prada, Yazmin y Jaimes, Volmar. Diseño curricular de la asignatura instalaciones eléctricas bajo la visión de competencias. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2018.
- Pulgar, Neify Caterine, Jennyfer. Diseño curricular de la asignatura sistemas de distribución de energía eléctrica bajo la visión de competencias. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2017.
- Romero, Juan Pablo. Guía práctica para el diseño y proyecto de líneas de transmisión de alta tensión en Chile. Universidad de Chile. Chile. 2010.
- Villamil, Enrique y García, Miguel J. Introducción al proyecto de ingeniería. Buenos Aires. 2003.

Apéndices

Apéndice A.

Apéndice B.

Apéndice C.

Apéndice D.

Nota: Los apéndices pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca.