

Práctica empresarial como ingeniero de apoyo para la construcción y mantenimiento locativo de edificaciones y subestaciones a cargo de la empresa Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC.

Yenny Carolina Crispín Jurado

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Civil

Director

Homer Armando Buelvas Moya

Maestría en Gerencia y Evaluación de Proyectos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2023

### **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres Alonso y Rocío quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un logro más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y temple, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Diego y Rodrigo por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mi novio, porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y porque de una u otra forma me acompaña en todos mis sueños y metas.

Y por supuesto, agradezco a mi querida UIS y a todos los docentes, en especial al Ing. Homer Buelvas, gracias por la paciencia, orientación y su guía en el desarrollo de este proyecto.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	10
1. Objetivos .....	12
1.1. Objetivo General .....	12
1.2. Objetivos Específicos.....	12
2. Marco de referencia .....	13
2.1. Marco conceptual.....	13
2.1.1 Sistema Interconectado Nacional.....	13
2.1.2 Cadenas Productivas Electricidad.....	13
2.1.2.1 Generación .....	13
2.1.2.2 Transmisión.....	13
2.1.2.3 Distribución.....	13
2.1.2.4 Comercialización .....	14
2.1.3 Subestación eléctrica.....	14
2.1.3.1 Obras civiles en una Subestación eléctrica. ....	14
2.1.3.1.1 Zona de pista vehicular o pista de maniobras. ....	14
2.1.3.1.2 Zona para patio de alta tensión a patio de llaves. ....	15
2.1.3.1.3 Zona para las bases de transformadores de potencia y vía de rodamiento. ....	15
2.1.3.1.4 Trampa de grasas. ....	15
2.1.3.1.5 Foso Transformador.....	15
2.1.3.1.6 Zona para edificio de celdas y edificio de control. ....	16
2.1.3.1.7 Zona para instalaciones complementarias. ....	16

2.1.3.1.8 Malla de cerramiento. ....	16
2.2. Marco teórico .....	16
2.2.1 Método de la cadena crítica .....	16
2.2.1.1 Asignación de Buffer. ....	19
2.2.1.1.1 Buffer de proyecto (PB).....	20
2.2.1.1.2 Buffer de alimentación (FB). ....	20
2.2.1.1.3 Buffer de recurso (RB).....	20
2.2.1.2 Cálculo de Buffers. ....	20
2.2.1.2.1 Método de Cortar y Pegar (CP). ....	20
2.2.1.2.2 Método del Tercio Crítico (TC).....	21
2.2.1.2.3 Método de la Raíz Cuadrada de la suma de Cuadrados (ROOT). ....	22
2.2.1.3 Fever Chart.....	23
2.3. Marco legal .....	24
2.3.1 VESGA MORENO INGENIEROS SAS BIC .....	24
2.3.1.1 Misión .....	24
2.3.1.2 Visión.....	25
2.3.1.3 Política de calidad. ....	25
2.3.1.4 Objetivos de calidad.....	26
2.3.1.5 Alcance sistema de gestión de la calidad.....	26
2.3.2 Contratos VMI-ESSA .....	26
2.3.2.1 Contrato CW126566. ....	26
2.3.2.2 Contrato CW143075. ....	27
3. Desarrollo de la práctica .....	27

3.1.	Inducción a Vesga Moreno Ingenieros y asignación de tareas. ....	27
3.2.	Apoyo en procesos de adquisición de recursos de los proyectos.....	27
3.2.1	Solicitud de material o servicio.....	32
3.2.2	Ficha de proveedor/contratista.....	33
3.2.3	Orden de compra.....	34
3.2.4	Orden trabajo proveedores.....	35
3.2.5	Revisión del fondo rotatorio y legalización de facturas.....	35
3.3.	Apoyo a la estimación de cronogramas y planificación de presupuestos de los proyectos.	36
3.3.1	Asignación de presupuesto e identificación de actividades.....	37
3.4.	Seguimiento y control de avance de los proyectos.....	38
3.4.1	Aplicación y comparación del método de la cadena crítica.....	39
3.4.2	Presupuesto proyectado vs presupuesto ejecutado.....	41
3.4.3	Proceso de creación de informes actas y cortes de obra.....	43
4.	Conclusiones.....	45
	Referencias Bibliográficas.....	46
	Apéndices.....	48

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 <i>Distribución de los buffers.</i> .....	19
Figura 2 <i>Fever Chart.</i> .....	23
Figura 3 <i>Logo Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC.</i> .....	25
Figura 4 <i>Construcción de foso subestación San Silvestre contrato CW126566.</i> .....	28
Figura 5 <i>Construcción de vía acceso subestación Ruitoque Bajo contrato CW126566.</i> .....	29
Figura 6 <i>Construcción de escalera de acceso al patio de la subestación Charalá contrato CW126566.</i> .....	29
Figura 7 <i>Construcción de cerramiento Torre 52-UIS contrato CW143075.</i> .....	30
Figura 8 <i>Adecuaciones locativas nueva Oficina ESSA Cimitarra contrato CW143075.</i> .....	30
Figura 9 <i>Proceso de adecuaciones locativas oficina coworking Edificio Principal ESSA Bucaramanga Contrato CW143075.</i> .....	31
Figura 10 <i>Flujo proceso de compra.</i> .....	32
Figura 11 <i>Encabezado órdenes de compra.</i> .....	34
Figura 12 <i>Cronograma construcción cerramiento torre 52-UIS.</i> .....	37
Figura 13 <i>Presupuesto cerramiento Torre 52-UIS.</i> .....	39
Figura 14 <i>Presupuesto proyectado vs presupuesto ejecutado contrato CW143075.</i> .....	41
Figura 15 <i>Presupuesto proyectado vs presupuesto ejecutado contrato CW126566.</i> .....	42

**Lista de Apéndices**

	<b>pág.</b>
Apéndice A. Solicitud de material o servicio. ....	48
Apéndice B. Ficha de proveedor.....	48
Apéndice C. Orden de compra Concreta CW126566. ....	48
Apéndice D. Orden de compra Ardisa CW143075. ....	48
Apéndice E. Orden trabajo proveedores. ....	48
Apéndice F. Fondo Rotatorio CW143075. ....	48
Apéndice G. Corte de obra 4 CW143075. ....	48
Apéndice H. Corte de servicios 4 CW143075. ....	48
Apéndice I. Corte de obra 9 CW126566.....	48
Apéndice J. Acta 4 obra CW143075.....	48
Apéndice K. Acta 4 servicios CW143075. ....	48
Apéndice L. Solicitud de pronto-pago. ....	48
Apéndice M. Cronograma Torre 52-UIS. ....	48
Apéndice N. Presupuesto Torre 52-UIS. ....	48
Apéndice O. Cadena Critica Torre 52-UIS.....	48

## Resumen

**Título:** Práctica empresarial como ingeniero de apoyo para la construcción y mantenimiento locativo de edificaciones y subestaciones a cargo de la empresa Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC\*

**Autor:** Yenny Carolina Crispín Jurado\*\*

**Palabras Clave:** Mantenimiento locativo, método de la cadena critica, buffers, planeación de actividades, tiempos de atención, tiempos de ejecución, presupuesto, centro de costo.

**Descripción:** El mantenimiento locativo, surge como una necesidad para todas las edificaciones o estructuras a lo largo de su vida útil y consiste en todas las posibles reparaciones menores que no necesariamente implican reformas a la infraestructura, pero si son importantes para la funcionalidad de estas, ya que se pretende mantener el confort, dar seguridad y funcionalidad. Mediante este documento se presenta un registro de las actividades realizadas en la práctica empresarial como ingeniera de apoyo en la ejecución, seguimiento y control de la construcción y mantenimiento locativo de edificaciones y subestaciones de la electrificadora de Santander ESSA, en el marco de los contratos a cargo de la empresa Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC, cumpliendo funciones de planeación de actividades para el desarrollo de las solicitudes dentro de los tiempos de atención, gestión y control de materiales y recursos asociados a la ejecución de las dichas actividades, documentación y organización de la información discretizando por centro de costo, para llevar un control eficiente del presupuesto para estas modalidades de contrato, así como realizando una propuesta de cronogramas con colchones de tiempo, conocidos en la metodología de cadena critica como buffer, con estos se pretende absorber imprevistos del proyecto, basados en la asignación de recursos y tiempos.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Director: Homer Armando Buelvas Moya. Maestría en Gerencia y Evaluación de Proyectos.

### Abstract

**Title:** Internship as support engineer for the construction and locative maintenance of buildings and electrical substations in responsibility of the company Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC \*

**Author(s):** Yenny Carolina Crispín Jurado \*\*

**Key Words:** Locative maintenance, critical chain project management, buffer, activity planning, attention times, development times, budgets, cost center.

**Description:** The locative maintenance, arises as a necessity for all buildings or structures throughout their useful life and consists of all possible minor repairs that do not necessarily involve reforms to the infrastructure, important for the functionality of these, as it is intended to maintain comfort, provide security and functionality. This document presents a record of the activities performed in the business practice as a support engineer in the execution, monitoring and control of the construction and maintenance of buildings and substations of Electrificadora de Santander ESSA, in the framework of the contracts in charge of the company Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC, complying functions of planning activities for the development of the requests within the times of attention, management and control of materials and resources associated with the execution of these activities, documentation and organization of information discretizing by cost center, to keep an efficient control of the budget for these types of contracts, as well as making a proposal of schedules with time cushions, known in the critical chain methodology as buffer, with these is intended to absorb unforeseen project, based on the allocation of resources and time.

---

\* Degree Work

\*\*School of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Civil Engineering. Director: Homer Armando Buelvas Moya. Master's Degree in Project Management and Evaluation.

## Introducción

El ámbito de la construcción abarca un campo muy amplio, desde la formulación de nuevos proyectos, hasta la detección de patologías estructurales y no estructurales y su respectiva reparación; el principal objetivo de implementar un programa de mantenimientos locativos es mantener los inmuebles en óptimas condiciones de higiene y ornato sin afectar su estructura portante, su distribución interior y sus características funcionales (Yepes, 2015).

En el desarrollo de proyectos de mantenimiento puede surgir la necesidad de realizarlos en plazos cada vez más reducidos, ya que la capacidad para acelerar los proyectos de Ingeniería y Construcción es un factor clave para el éxito en el contexto empresarial y público; el método de la cadena crítica introducido por Goldratt en 1997 proporciona un nuevo enfoque a la gestión del tiempo de los proyectos, centra la atención en el progreso de la cadena crítica, con un especial énfasis en las interacciones entre los recursos, esta crea una secuencia de actividades críticas teniendo como criterio principal la dependencia de recursos y gestión de Buffers, lo cual resultaría una alternativa para obras de ejecución locativa (García Gutiérrez, 2014).

VESGA MORENO INGENIEROS S.A.S BIC es una empresa que presta servicios profesionales de construcción y mantenimiento de obras civiles, arquitectónicas, eléctricas y de comunicaciones utilizando la aplicación técnico-administrativa de la ingeniería en estas áreas, cuenta con equipos, recurso humano altamente calificados y servicios necesarios para el proceso de ejecución de obras civiles, así como para alimentar nuevas técnicas o herramientas que mejoren los procesos inherentes al proyecto.

En la actualidad VESGA MORENO INGENIEROS S.A.S es contratista de a Electrificadora de Santander ESSA E.S.P, encargada de la adecuación y reestructuración de

subestaciones para expansión y cumplimiento normativo, también es responsable del mantenimiento locativo y adecuación a la infraestructura correspondiente a los edificios administrativos, subestaciones convencionales y oficinas satelitales.

En el desarrollo de la práctica como ingeniero de apoyo, se identificó la necesidad de recepcionar y ordenar las solicitudes pertinentes a los mantenimientos locativos, para dar repuesta oportuna, eficaz y eficiente en cuanto a tiempos de ejecución con respecto al nivel de prioridad de atención de cada requisición, la cantidad de solicitudes atendidas en periodos determinados de tiempo y la optimización de recursos y materiales, en donde se propuso implementar el método de la cadena crítica.

Adicionalmente, se llevó un registro detallado de otras actividades, para dar seguimiento a la ejecución de cada uno de los proyectos, para así poder controlar recursos, tiempos de entrega y costos periódicamente, esto también con el fin de facilitar la creación de actas e informes de corte para facturar lo ejecutado mes a mes, siendo esta última la labor más relevante en esta práctica.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Apoyar la ejecución, seguimiento y control de las obras civiles y mantenimientos locativos de las subestaciones eléctricas a cargo de la Empresa Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC.

### **1.2. Objetivos Específicos**

Apoyar los procesos de gestión de recursos de obra para la empresa Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC en la ejecución de los proyectos para la Electrificadora de Santander ESSA E.S.P.

Apoyar la estimación de cronogramas y presupuestos del proyecto de mantenimiento locativo de la infraestructura de los edificios administrativos de la Electrificadora de Santander ESSA E.S.P.

Aplicar los fundamentos del método de la cadena crítica para la revisión de lecciones aprendidas en la ejecución, seguimiento y control de avance y costos de los proyectos de la electrificadora de Santander ESSA E.S.P.

## 2. Marco de referencia

### 2.1. Marco conceptual

#### 2.1.1 *Sistema Interconectado Nacional*

A finales de los años sesenta, se conectaron sistemas eléctricos regionales diferentes y se materializó la interconexión. Hoy se llama sistema interconectado al modelo integrador que hace posible el funcionamiento del sector eléctrico en Colombia, aquel donde se encuentran la generación y redes eléctricas para abastecer a todo el país. En él participa toda la cadena productiva: generadores, transmisores, distribuidores y comercializadores, y conforman el Mercado de Energía Mayorista colombiano (Twenergy, 2019).

#### 2.1.2 *Cadenas Productivas Electricidad*

La Cadena Productiva de la electricidad la componen el conjunto de actores sociales involucrados en los diferentes eslabones del negocio de producción y transporte de este bien, que arranca desde el mercado mayorista de generación de electricidad, pasando por el transporte por redes de alta y extra alta tensión, y culminando a través de la distribución y comercialización, en los consumidores finales (OCARPIGINA, 2008).

**2.1.2.1 Generación.** Producción de energía eléctrica, generalmente proviene de una central hidráulica o térmica (Trouchón Bravo, 2019).

**2.1.2.2 Transmisión.** Es la conducción de la energía eléctrica desde las centrales hasta los grandes centros de consumo, a muy alto voltaje para poder llevarla por todo el país (Trouchón Bravo, 2019).

**2.1.2.3 Distribución.** Transporte de energía eléctrica, desde su punto de entrega en el sistema de transmisión, hasta el domicilio del usuario final. A través de la red de distribución se

reduce el voltaje para poder entregarla según las necesidades a los diferentes usuarios para fines industrial, comercial, residencial, entre otras (Trouchón Bravo, 2019).

**2.1.2.4 Comercialización.** Compra y venta de energía eléctrica. Incluye la facturación, medición y en general la atención que requiere el usuario final del servicio de energía eléctrica (Trouchón Bravo, 2019).

### **2.1.3 Subestación eléctrica**

Una subestación eléctrica es un conjunto de equipos utilizados para transferir el flujo de energía en un sistema de potencia, garantizar la seguridad del sistema por medio de dispositivos automáticos de protección y para redistribuir el flujo de energía a través de rutas alternativas. (Grupo de investigación ORCA, Semillero de investigación (BARIÓN, 2020). Las subestaciones eléctricas intervienen en la generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Una subestación eléctrica está compuesta por dispositivos capaces de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (tensión, corriente, frecuencia, etc.) y son un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema eléctrico (RELSAMEX ELECTRIC, 2020).

**2.1.3.1 Obras civiles en una Subestación eléctrica.** Obras civiles construcción de cuartos de transformadores, Celdas media tensión, tableros de baja tensión, bancos de ductos y cajas de inspección. (Excavaciones, Demoliciones, Cimentaciones, estructura, mamposterías, placas de cubierta en Steel Deck, Ornamentación y acabados). Desde una perspectiva de Obras Civiles, se distinguen las siguientes zonas de operación y ambientes de servicio (Cairo, 2006).

**2.1.3.1.1 Zona de pista vehicular o pista de maniobras.** Comprende una pista de concreto armado perimetral al Patio de llaves, destinada al transporte y acceso interno de vehículos para montaje, mantenimiento y maniobra de los equipos de alta tensión.

Se distingue el tránsito peatonal del vehicular, evitándose interferencias y facilitando la fluidez (Cairo, 2006).

**2.1.3.1.2 Zona para patio de alta tensión a patio de llaves.** Por lo general viene a ser la zona central de la subestación, donde se ubican las bases de concreto armado para los equipos de alta tensión, es decir bases integrales para soportar y fijar los Seccionadores de Línea, Transformador de Medida Combinado, Interruptor de Potencia y Seccionador de Barras (Cairo, 2006).

**2.1.3.1.3 Zona para las bases de transformadores de potencia y vía de rodamiento.** Es el espacio que sirve de plataforma o estructura de soporte fundamentalmente de carga estática para los transformadores de Potencia, está conformada por una losa de concreto armado destinada a soportar la carga total del transformador de potencia; la vía de rodamiento corresponde a la estructura de rodamiento también de concreto armado para los transformadores de Potencia, siendo esta última una estructura de soporte fundamentalmente de carga dinámica. Los rieles de rodamiento están conformados por perfiles de acero estructural (Cairo, 2006).

**2.1.3.1.4 Trampa de grasas.** Es una estructura en concreto la cual tiene la función de retener las grasas que genera el derrame de aceite del transformador para así disminuir el impacto ambiental (Troughón Bravo, 2019).

**2.1.3.1.5 Foso Transformador.** Estructura elaborada en concreto, sirve como base para el equipo, de volumen igual al del aceite encerrado en el tanque. El foso es llenado de agregado grueso que tienen la función de enfriar al aceite incendiado y ahogar la combustión, apagando el incendio, además tiene como fundamento la recolección del aceite y el apoyo de este. Adicionalmente, el foso debe tener un sistema de drenaje, que al derramarse el aceite este pasa a través de una tubería galvanizada hacia la trampa de grasas donde por medio de decantación es

separado del agua, para posteriormente, ser extraído mediante moto bomba (Trouchón Bravo, 2019).

**2.1.3.1.6 Zona para edificio de celdas y edificio de control.** Son ambientes conformados por uno o dos edificios de un solo nivel, con 3.50 m de altura entre el nivel de piso terminado y el fondo del cielo raso de techo. Corresponden a una edificación aporricada con muros de albañilería confinada de cierre. Las celdas están interconectadas con la Sala de Mando mediante un conjunto de canales subterráneos y semisótanos de concreto (Cairo, 2006).

**2.1.3.1.7 Zona para instalaciones complementarias.** Comprende la instalación de ambientes de servicio para la caseta de vigilancia, depósitos y servicios higiénicos, su ubicación es diametralmente opuesta respecto al patio de llaves de alta tensión, por razones de seguridad, pero conservando la mejor amplitud para observaciones y vigilancia de los equipos (Cairo, 2006).

**2.1.3.1.8 Malla de cerramiento.** La malla eslabonada es utilizada para encerrar las subestaciones, deben tener una altura mínima de 2.50 m. Estas cumplen la función de barrera para el ingreso de personal no autorizado y animales, deben colocarse de tal manera que las partes expuestas energizadas quede por fuera de la zona de distancia de seguridad (Trouchón Bravo, 2019).

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1 Método de la cadena crítica**

El método de la Cadena Crítica es una potente metodología de dirección de proyectos que permite reducir el plazo de estos, y facilitar su seguimiento a partir de un mayor foco en aquello que es realmente importante. Al igual que en el método de la Ruta Crítica, el método de la Cadena Crítica se compone de dos fases: La primera, de planificación y programación del proyecto, implica listar actividades, establecer la secuencia de estas y reducirlas eliminando márgenes de

seguridad, identificar la cadena crítica, explorar la limitación, subordinar las cadenas de actividades a la cadena crítica mediante buffers de alimentación, superar la restricción del sistema, iterar, e insertar buffer de coste; la segunda fase es la de seguimiento y control se apoya en los reportes o actualizaciones del estado del proyecto y la gestión de los buffers fundamentalmente.

Así, el buffer del proyecto absorbe las variaciones en las actividades de la cadena crítica, el buffer de alimentación absorbe las variaciones en las actividades no críticas y el buffer de recurso, las variaciones en las actividades no críticas de un recurso cuando la actividad siguiente de este recurso es una actividad crítica (García Gutiérrez, 2014). En otras palabras, la cadena crítica es un método analítico de planificación y gestión de proyectos que permite asegurar que las actividades de la Ruta crítica tengan disponibles los recursos que necesitan, establecer los buffers que absorban los imprevistos del proyecto y que permitan por tanto ejecutarlo en plazo, para todo ello, en muchos casos será necesario reordenar las actividades de un proyecto mediante criterios basados en la asignación de recursos y tiempos.

Bases de la cadena crítica: El método de la Cadena Crítica se basa en la teoría de las restricciones (TOC-Theory Of Constraints). La aplicación de la TOC supone que diversos conceptos que pertenecen al ámbito de la gestión de la producción industrial se han adaptado al ámbito de la gestión de proyectos. En el método de la Ruta Crítica se consideran los problemas de capacidad de los recursos, pero la aplicación de la TOC implica considerar las dependencias entre los recursos. Otro concepto que le aporta diferencias y está relacionado con las variaciones es el buffer (García Gutiérrez, 2014). Proceso de programación de la Cadena Crítica: Los pasos básicos para el proceso de programación de un proyecto, asumiendo que no se utiliza un programa computacional especial para la cadena crítica, son los siguientes:

Etapas 1: Identificar la Cadena Crítica (García Gutiérrez, 2014).

- a) Crear un Lay out de la red de actividades con fechas tardías.
- b) Si no existe dependencia de recursos ir al paso *f*.
- c) Identificar la restricción que se resolverá primero, esta debería ser la restricción que produce el cuello de botella, o la más conflictiva. Si muchas restricciones presentan el mismo potencial de conflicto, se elige la última.
- d) Remover la restricción de recursos reprogramando las actividades antes.
- e) Volver al final de la programación y seguir el paso (d) para la siguiente restricción de recursos. Al ir resolviendo los conflictos para las siguientes restricciones, se deben mantener las modificaciones anteriores. Repetir hasta resolver todos los conflictos.
- f) Identificar la cadena crítica como la cadena más larga de eventos dependientes.

Etapa 2: Análisis de la Cadena Crítica (García Gutiérrez, 2014).

- a) Revisar la planificación para determinar si la re-secuenciación puede acortar la duración total del proyecto. Si se permite, hacerlo.
- b) Añadir el buffer de proyecto al final de la Cadena Crítica.

Etapa 3: Subordinar las otras actividades, rutas y recursos a la cadena crítica. (García Gutiérrez, 2014).

- a) Proteger la cadena crítica mediante el uso de Feeding Buffers a todas las cadenas que alimentan la cadena crítica. Dimensionar estos Buffers usando la ruta más larga antes del Buffer.
- b) Resolver cualquier restricción de recursos creada por la adición de los Feeding Buffers adelantando las actividades pertenecientes a esta cadena.

- c) Adelantar cualquier actividad dependiente de actividades que han sido movidas en el paso (b).

Etapa 4: Acortar el plazo de entrega del proyecto mediante el uso de recursos adicionales para disminuir la restricción de ventanas de tiempo (García Gutiérrez, 2014).

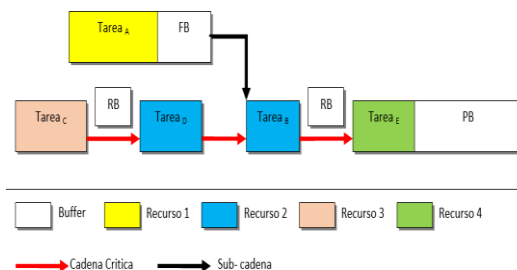
Etapa 5: Insertar Resource Buffer entre las actividades que utilicen el mismo recurso (García Gutiérrez, 2014).

Etapa 6: Volver al paso uno. No permitir que la inercia de las iteraciones se convierta en restricción (García Gutiérrez, 2014). El método de la cadena crítica, a diferencia de otras metodologías como Gantt o Pert, se basa en la gestión de buffer o amortiguadores, los cuales son generados por la eliminación de tolerancias y tiempos de protección que se otorgan a una tarea, lo que trata de evitar la cadena critica son los conflictos, para entregar los proyectos de acuerdo con el plazo, presupuesto y prestaciones.

**2.2.1.1 Asignación de Buffer.** Se han identificado tres tipos de buffers, según la ubicación de estos dentro de la cadena crítica.

### Figura 1

*Distribución de los buffers.*



*Nota.* En la figura se observa la distribución de los buffers del proyecto. Tomado de *21th International Congress on Project Management and Engineering*, (págs. 91-103), por Vázquez García, Amiama Ares, & Barraza Rioja, 2017.

**2.2.1.1.1 Buffer de proyecto (PB).** Es el amortiguador más fácil de colocar, ya que se ubica al final de todo el proyecto (ver figura 10), determinando la entrega final del mismo. Su objetivo es proteger el plazo de finalización del proyecto, compensando posibles desviaciones asociadas a las actividades que conforman la cadena crítica.

**2.2.1.1.2 Buffer de alimentación (FB).** Representa la extensión de la cadena crítica ante la incertidumbre que proviene de la conexión con cadenas no críticas intervinientes en el proyecto (ver figura 10), protegiendo la cadena crítica de las desviaciones o alteraciones producidas en las rutas paralelas.

**2.2.1.1.3 Buffer de recurso (RB).** Son tareas virtuales que se insertan justo antes de las actividades de la cadena crítica cuando requieren de la utilización de recursos y la actividad que le precede se realiza con recursos diferentes (ver figura 10), protegiendo al proyecto de las eventualidades que puedan producirse al momento de pasar de una actividad a otra y garantizar que estos recursos estarán disponibles cuando se requieran. Los buffers pueden ser mucho más cortos que la suma de las holguras individuales que se reemplazan, acortando así el tiempo total de las cadenas (Urso, 2005).

**2.2.1.2 Cálculo de Buffers.** El cálculo del tamaño de los buffers es uno de los principales retos de la aplicación de la cadena crítica, debido a que no hay directrices específicas que se deban seguir para determinar estos, para ello hay unas técnicas empíricas y entre las más usadas para calcular el tamaño de los buffers PB y FB se pueden destacar el método de “cortar y pegar”, el método del “tercio crítico” y el método de la “raíz cuadrada de la suma de cuadrados” (Vázquez García, Amiana Ares, & Barrasa Rioja, 2017).

**2.2.1.2.1 Método de Cortar y Pegar (CP).** También conocido como la ley del 50%, permite definir el dimensionamiento de los amortiguadores mediante cuatro etapas:

- I) Estimar el tiempo de duración de la cadena o subcadenas.
- II) Separar los tiempos e protección de las actividades.
- III) Colocar los tiempos de protección al final de la cadena o subcadenas.
- IV) Reducir al 50% la longitud de la suma de dichos trozos. (Vázquez García, Amiama Ares, & Barraza Rioja, 2017).

Aunque normalmente se usa el porcentaje del 50% sugerido en el método, este número no debe de tomarse como un dato estricto, ya que los proyectos que presentan una menor variabilidad permiten ajustarse a proporciones menores mientras que los que tienen una mayor incertidumbre pueden emplear porcentajes mayores (Newbold, *Scheduling for Success with Critical Chain*, 2010). Como generalidad, es conveniente seguir un par de recomendaciones, ninguna actividad puede tener una longitud superior al 20% de la cadena crítica, así mismo, la duración total asignada a los buffers no debe ser inferior al 25% del tamaño de la cadena crítica (López de Ávila Muñoz, 2009).

**Ecuación 1.** *Fórmula de cálculo método de Cortar y Pegar (CP).*

$$Buffer = 0.5 \sum_{i=1}^n (dcP_i - dsP_i)$$

Donde:

$n$ : Número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o a las subcadenas.

$i$ : Actividad.

$dcP_i$ : Duración de la actividad  $i$  con protección.

$dsP_i$ : Duración de la actividad  $i$  sin protección.

**2.2.1.2.2 Método del Tercio Crítico (TC).** Su principal ventaja es la omisión de la duración de las protecciones de las tareas, basado es las siguientes cuatro etapas:

- I) Estimar el tiempo de duración de la cadena o subcadenas.
- II) Eliminar los tiempos de protección de las actividades.
- III) Calcular la longitud de la cadena crítica o subcadenas.
- IV) Colocar un tercio de la longitud obtenida como buffer de proyecto o de alimentación (Vázquez García, Amiama Ares, & Barraza Rioja, 2017).

**Ecuación 2.** *Fórmula de cálculo método del Tercio crítico (TC).*

$$Buffer = \left( \sum_{i=1}^n dsP_i \right) / 3$$

Donde:

*n*: Número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o a las subcadenas.

*i*: Actividad.

*dsP<sub>i</sub>*: Duración de la actividad *i* sin protección.

**2.2.1.2.3 Método de la Raíz Cuadrada de la suma de Cuadrados (ROOT).** En lugar de usar una regla empírica simple para el cálculo del tamaño de los buffers, este procedimiento tiene en cuenta la variación ( $\sigma$ ) conocida en la duración de las actividades, teniendo en cuenta que la duración de la actividad con protección (estimación de la actividad de bajo riesgo) menos la duración de la actividad sin protección (probabilidad agresiva de duración de la tarea) es aproximadamente dos veces la desviación ( $2\sigma$ ) por aplicación del Teorema Central del Límite (Iglesias Sánchez, 2005) . Este procedimiento propone calcular la duración de los buffers como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los márgenes de seguridad de todas las actividades (Vázquez García, Amiama Ares, & Barraza Rioja, 2017).

**Ecuación 3.** *Fórmula de cálculo método de la Raíz Cuadrada de la suma de Cuadrados (ROOT).*

$$Buffer = \sqrt{\sum_{i=1}^n (dcP_i - dsP_i)^2}$$

Donde:

$n$ : Número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o a las subcadenas.

$i$ : Actividad.

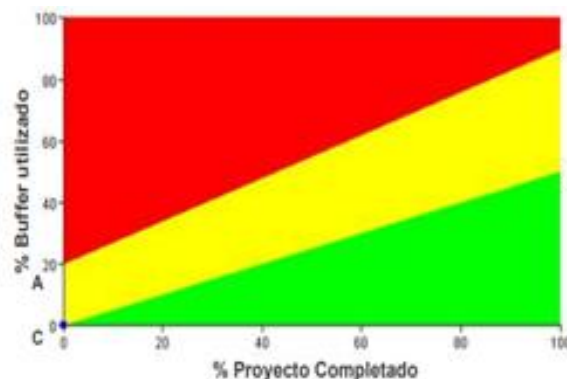
$dcP_i$ : Duración de la actividad  $i$  con protección.

$dsP_i$ : Duración de la actividad  $i$  sin protección.

**2.2.1.3 Fever Chart.** Las hojas de control denominadas Fever Chart (representada en la figura 11) son empleadas durante la etapa de seguimiento y gestión de los proyectos ejecutados bajo los términos de la cadena crítica, facilitando la lectura del estado de los proyectos y centrando los esfuerzos en gestionar únicamente los amortiguadores previamente dimensionados (Vázquez García, Amiama Ares, & Barraza Rioja, 2017).

## Figura 2

*Fever Chart.*



*Nota.* En la figura se puede observar el desempeño del proyecto y las medidas que se deben tomar según la zona. Definiendo el avance y el porcentaje de buffer de proyecto que se ha consumido.

Tomado del Blog ProChain., por Newbold, R. C., 2011, [http://prochain.com/prochain\\_blog/](http://prochain.com/prochain_blog/).

En la figura 2, el eje horizontal de la tabla representa el grado de desempeño del proyecto, definiendo de izquierda a derecha el avance de este y el eje vertical corresponde al porcentaje de buffer de proyecto que se ha consumido.

Las diferentes regiones serán definidas según el tipo de seguimiento y atención que se desee realizar sobre el proyecto, de forma que si el punto de control se encuentra:

- I) Sobre la zona verde se tomen medidas de atención.
- II) En la zona amarilla, se tomen medidas proactivas
- III) En la zona roja se tomen medidas de rescate (Vázquez García, Amiama Ares, & Barraza Rioja, 2017).

### **2.3. Marco legal**

#### **2.3.1 VESGA MORENO INGENIEROS SAS BIC**

**2.3.1.1 Misión.** Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC Somos una organización prestadora de servicios de ingeniería en obras civiles y arquitectónicas para la construcción y mantenimiento en: edificaciones, infraestructura aeroportuaria, urbanística, espacio público, servicios públicos, obras civiles especiales, obras viales, subestaciones, redes eléctricas y redes de fibra óptica.

Nuestro servicio se desarrolla en torno a las necesidades, requerimientos técnicos y logísticos del cliente; contando con una diversificación y pluralidad en nuestra experiencia proveniente de diferentes obras que son soportadas por nuestro recurso humano, técnico, logístico y administrativo.

Nuestro trabajo se fundamenta en la seguridad, cuidado de la salud, desarrollo humano, gestión social y protección del medio ambiente para la satisfacción de las necesidades y expectativas de nuestros clientes y partes interesadas promoviendo el desarrollo organizacional y la contribución al progreso regional y del país.

**Figura 3**

*Logo Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC.*



*Nota.* En la figura se observa el logo que representa la empresa Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC donde se ejecutó el proyecto. Vesga Moreno Ingenieros SAS, 2022.

**2.3.1.2 Visión.** Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC busca posicionarse nivel nacional en el año 2025 en ser una empresa líder en la prestación de servicios de obras civiles para la construcción y mantenimiento de edificaciones, infraestructura aeroportuaria, arquitectónicas, eléctricas y de comunicaciones bajo un enfoque ambiental y social.

**2.3.1.3 Política de calidad.** Ofrecer y prestar a nuestros clientes actuales y potenciales de VESGA MORENO INGENIEROS SAS BIC servicios de ingeniería en obras civiles para la construcción y mantenimiento de: edificaciones, infraestructura aeroportuaria, urbanística, espacio público, servicios públicos, obras viales, subestaciones, redes eléctricas y redes de fibra óptica; establecidas bajo las necesidades, los requisitos técnicos, legales y logísticos de los clientes. Nuestras labores están orientadas a cumplir presupuestalmente y ejecutar, conforme y satisfactoriamente los proyectos. Estos son soportados con un análisis del contexto, con el recurso humano capacitado, con su infraestructura, solidez financiera y la adquisición de bienes y servicios acordes. Mejorando continuamente los procesos con los sistemas de gestión para el desarrollo organizacional, cumplimiento de objetivos manteniendo un relacionamiento con nuestro grupo de

interés promoviendo y comunicando la seguridad, el cuidado de la salud, el desarrollo humano, la gestión social y protección del medio ambiente.

**2.3.1.4 Objetivos de calidad.** Cumplir en un 80 las metas trazadas por los accionistas y satisfacer las necesidades de las partes interesadas con relación a la prestación de los servicios por la Organización. Asegurar en un 90% la utilización eficiente de los recursos y la satisfacción de nuestros clientes con relación a la prestación de un servicio oportuno y cumplimiento de los requisitos asociados a la calidad del servicio. Gestionar en un 70% los riesgos, las oportunidades, el desempeño y crecimiento del recurso humano y financiero que soportan las acciones de la organización. Asegurar en un 80% que bienes y servicios son adquiridos dentro de la comunidad y que cumplan satisfactoriamente con lo requerido en la Organización y hacia el cliente.

**2.3.1.5 Alcance sistema de gestión de la calidad.** Construcción y mantenimiento en edificaciones, en infraestructura aeroportuaria y sistemas especializados lado aire y tierra. En infraestructura para subestaciones y redes eléctricas. En redes de fibra óptica de alta velocidad desde centrales de generación, y su distribución al usuario final. Y en infraestructura urbanística, redes de servicios públicos, espacio público y construcción de vías de comunicación. De acuerdo con la naturaleza de la Organización y el alcance del sistema se excluye: El numeral 7.3 Diseño y desarrollo, de la norma ISO 9001:2015, se excluirá para los proyectos donde el cliente suministre las especificaciones técnicas.

## **2.3.2 Contratos VMI-ESSA**

### **2.3.2.1 Contrato CW126566.**

Adecuación y reestructuración de subestaciones de ESSA para expansión y cumplimiento normativo, (construcción de fosos para transformadores, cárcamos, drenajes, cajas de inspección, banco ductos, etc.).

**2.3.2.2 Contrato CW143075.** Mantenimiento locativo y adecuación a la infraestructura correspondiente a los edificios administrativos, subestaciones convencionales (áreas no energizadas), oficinas satelitales (propias y arrendadas).

### **3. Desarrollo de la práctica**

#### **3.1. Inducción a Vesga Moreno Ingenieros y asignación de tareas.**

La empresa Vesga Moreno Ingenieros S.A.S. BIC, es una empresa de ingeniería dedicada a la construcción y mantenimiento de obras civiles, arquitectónicas, eléctricas, y de comunicaciones; ubicada en el centro Empresarial la florida, lugar en donde la practicante tiene su lugar de trabajo establecido, en donde va a ejercer labores de apoyo en la ejecución de los proyectos que la empresa celebra con la electrificadora de Santander ESSA. Al iniciar la práctica, se hizo la respectiva inducción, en donde se explicó el funcionamiento de los contratos, y se manifestó la importancia de vincular personal de apoyo para hacer un seguimiento y control en cuanto a tiempos, recursos y presupuestos, también, se hizo la presentación al personal de las diferentes áreas de la empresa, y la relación que debía establecer dentro del ejercicio de las funciones, en pro de la adecuada ejecución de los proyectos. Para finalizar, se manifestó cuáles las labores en las que se requería mayor dedicación en cuanto al apoyo para cada uno de los contratos teniendo en cuenta que se iba a trabajar medio tiempo, en cada uno de ellos.

#### **3.2. Apoyo en procesos de adquisición de recursos de los proyectos.**

La gestión de los Recursos del proyecto incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos (mano de obra; instalaciones, equipamiento, materiales, suministros y otros) necesarios para la conclusión exitosa del proyecto, estos procesos ayudan a garantizar que los

recursos adecuados estarán disponibles en el momento y lugar adecuados; este proceso se lleva a cabo periódicamente a lo largo del proyecto, según sea necesario (PMI, 2017).

Durante la práctica se realizaron actividades de apoyo a la ejecución de los proyectos de adecuación y reestructuración de subestaciones y de mantenimiento locativo y adecuación a la infraestructura correspondiente a los edificios administrativos, subestaciones convencionales (áreas no energizadas), oficinas satelitales para la ESSA, la Empresa Vesga Moreno Ingenieros SAS BIC intervino 17 subestaciones, en el ejercicio de ejecución del contrato CW126566; mientras, en la ejecución del contrato CW143075 se intervinieron 13 subestaciones, 21 oficinas/edificios, 2 plantas de energía, 2 lotes, 2 torres, 1 caseta y 1 bodega, para dar cumplimiento a las más de 200 solicitudes, donde formalmente se hicieron 194 requisiciones por parte de la electrificadora de Santander por medio de correo electrónico. Dentro de las locaciones que se intervinieron en el contrato CW126566, está la construcción del foso de transformador de la subestación San Silvestre en el municipio de Barrancabermeja.

#### **Figura 4**

*Construcción de foso subestación San Silvestre contrato CW126566.*



*Nota.* En la figura 4 se observa el figurado del hierro y el comienzo de la vertida del concreto para la fundida del foso de transformador de la subestación San Silvestre en el municipio de Barrancabermeja.

En la figura 5, se aprecia la base con emulsión asfáltica, la malla electrosoldada de refuerzo inferior y en la parte derecha se aprecia la loza de pavimento rígido, ya fundida.

### **Figura 5**

*Construcción de vía acceso subestación Ruitoque Bajo contrato CW126566.*



*Nota.* En la figura se observa la construcción de la vía de acceso de la subestación Ruitoque bajo en el municipio de Floridablanca.

En la subestación Charalá, como se aprecia en la figura 4, se intervino el acceso desde centro de control hacia el foso transformador con la construcción de una escalera de 25 huellas, y barandas metálicas.

### **Figura 6**

*Construcción de escalera de acceso al patio de la subestación Charalá contrato CW126566.*



*Nota.* En la figura se observa la construcción de una escalera de 25 huellas, y barandas metálicas, para el acceso desde centro de control hacia el foso transformador.

Para el contrato CW143075, se lograron intervenir 20 lugares en un mes, dentro de los proyectos más significativos se encuentra el cerramiento de las torres eléctricas conucos y 52-UIS, como se puede apreciar en la Figura 7, una de las actividades principales es la construcción de mampostería con ladrillo estructural del cerramiento de la torre 52-UIS.

**Figura 7** *Construcción de cerramiento Torre 52-UIS contrato CW143075.*



*Nota.* En la figura se puede observar el cerramiento de las torres eléctricas conucos y 52-UIS, con ladrillo estructural.

Dentro de este contrato, era muy común el arreglo, mantenimiento y adecuación de oficinas ESSA.

**Figura 8**

*Adecuaciones locativas nueva Oficina ESSA Cimitarra contrato CW143075.*



*Nota.* En la figura 8 se muestra la adecuación de la nueva oficina Cimitarra que resulto en actividades de pisos, mobiliario y acabados.

**Figura 9**

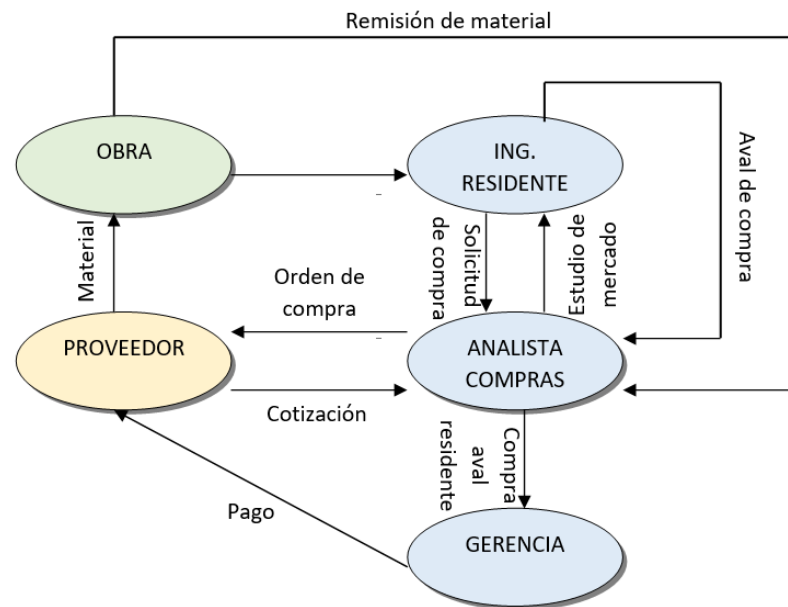
*Proceso de adecuaciones locativas oficina coworking Edificio Principal ESSA Bucaramanga Contrato CW143075.*



*Nota.* En la figura 9 se puede observar parte de la adecuación realizada en la oficina de coworking para el edificio principal ESSA en Bucaramanga.

Se identificó la importancia implementar un proceso para una buena práctica en la gestión de recursos, por la naturaleza de los contratos se hacen seguimientos semanalmente, se identifica la necesidad de adquirir bienes o servicios, en que cantidad, en donde y para cuándo se requiere.

Posterior a esto, se pasa al proceso de compra, el cual se detalla en la figura 10, en este proceso de deben identificar los proveedores, hacer cotizaciones y estudios de mercado correspondientes, luego, se elabora la orden de compra, para programar el pago y hacer seguimiento de la adquisición de dicho material; estas labores estuvieron a cargo de la practicante durante el mes de noviembre, luego de esto, debido a la exigencia de los contratos se hizo muy evidente la necesidad de vincular al equipo de trabajo un analista de compras, quien estaría encargado de los estudios de mercado, para seleccionar la mejor opción dependiendo de las requisiciones que se generen de las necesidades en obra.

**Figura 10***Flujo proceso de compra.*

*Nota.* En la figura se observa mediante un flujograma el proceso de compra realizado con sus respectivos encargados.

El proceso de adquisición de recursos se tuvo que ajustar en pro de una acción de mejora, para dicho proceso se implementan formatos, como lo son el Apéndice A. Solicitud de material o servicio, el cual debe ser diligenciado por el ingeniero residente o la practicante y el Apéndice C. Orden de compra, el cual diligencia el analista de compra y firma en modo de aprobación el ingeniero residente, el director de obra y el gerente para aprobar el pago de dicho material. Por último, se coordina con el proveedor la entrega de los recursos, y se hace la revisión de cantidades y calidad de este en obra, para comenzar labores.

### **3.2.1 Solicitud de material o servicio**

En el Apéndice A. Solicitud de compra de material o servicios, se puede observar la solicitud de material para adecuaciones locativas en la subestación García Rovira, en Málaga, este

formato que se implementó dentro del sistema de gestión de la empresa, para el proceso de compras, este formato es exigido por el analista de compras para entregar el material con destino a un trabajo específico. Se establece así un control más efectivo de los materiales que se suministran a producción.

Teniendo en cuenta las actividades a ejecutar, se alimenta la solicitud de compra o servicio, donde se establece un número de consecutivo, la fecha de envío del formato al área de compras, los datos del solicitante, el centro de costo, el nivel de prioridad de la compra, la descripción, unidad de medida y en qué cantidad se requiere el material que se está solicitando, la fecha específica en la que se requiere la compra, lugar y hora de recepción del pedido. El formato cuenta también con un espacio de observaciones, comentarios, instrucciones especiales o especificaciones técnicas. Este formato se envía al departamento de compras vía correo electrónico, para iniciar el proceso de cotización con los proveedores.

### ***3.2.2 Ficha de proveedor/contratista.***

La Ficha de proveedor, se puede apreciar en el Apéndice B. Ficha de proveedor, un formato en blanco. Este se implementó con el fin de sistematizar los datos de los proveedores, también e hizo para el sistema de gestión de compras, con el propósito de que la información quede en la empresa y no en la persona encargada de hacer el vínculo con el proveedor, con esto, tener la información en el área contable y facilitar el proceso de legalización de compras.

Este formato se debe diligenciar cuando se va a vincular un proveedor nuevo, después del proceso de cotización en el cual se selecciona el proveedor que va a prestar el servicio o suministrar material, se alimenta esta ficha con los datos de contacto del proveedor, registro cámara de comercio, si aplica, datos de facturación, contactos para despachos y reportes, descripción de servicios que presta, y, por último, información bancaria para pagos.

### 3.2.3 Orden de compra.

Las órdenes de compra son útiles tanto para la empresa como para el proveedor, ya que gracias a estas se mantiene la comunicación clara y se evita cualquier tipo de confusión en los procesos de compra, en el apéndice C. Orden de compra Concreta CW126566 y en el apéndice D. Orden De Compra Ardisa CW143075 se pueden ver ejemplos de este formato, el cual también hace parte del sistema de gestión, dentro del proceso de compras, uno de los objetivos principales de la orden de compra es el control, para el cual es fundamental hacer un seguimiento de órdenes de compra, es decir, hacer un monitoreo de los pedidos que se ha hecho para verificar que se cumpla con lo que se ha proyectado.

#### Figura 11

*Encabezado órdenes de compra.*

		Código: COM-REG-011			
		Versión: 02			
		Página 1 de 1			
<b>VESGA MORENO INGENIEROS SAS</b> NIT. 800.215.694-7 Calle 31 A # 26-15, Oficina 602, Floridablanca Teléfono: 6183990 - 312 5686410					
<b>No SOLICITUD DE COMPRA:</b> <b>FECHA SOLICITUD DE COMPRA:</b> <b>OBRA :MANTENIMIENTO LOCATIVO EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS, OFICINAS SATELITALES, PLANTAS DE GENERALES Y SUBESTACIONES</b> <b>CODIGO: CW143075</b>					
<b>ORDEN DE COMPRA No.45 PALENQUE</b>					
PROVEEDOR: <b>ARDISA</b> CONTACTO: <b>PABLO HUMBERTO DIAZ GONZALEZ</b> - pablo.diaz@ardisa.com.co TELEFONOS: <b>3174016648</b> FAX: FECHA: <b>17-ene-22</b>					
REF.	DESCRIPCION	UNID	CANT	VR UNITARIO	VR PARCIAL

*Nota.* En la figura se observa el encabezado de una Orden de Compra, utilizado durante los procesos, permitiendo lograr el control, mediante seguimiento de estos formatos.

En el encabezado de este formato, se encuentra número de consecutivo, información de contacto del proveedor y centro de costo. En el cuerpo del formato se encuentran los detalles específicos de la compra y al final, hay un espacio en donde deben ir las firmas del analista de

compras, del director técnico, de la persona que realizó la solicitud del material ya sea el residente o la practicante y la del gerente.

#### ***3.2.4 Orden trabajo proveedores.***

El formato de orden de trabajo se puede apreciar en el apéndice E. Orden Trabajo Proveedores, contiene la orden de trabajo para la limpieza de pozo séptico de la subestación Oiba, este formato se implementó debido a la informalidad que había, sobre todo cuando se contrataban servicios, por la necesidad de legalizar los trabajos que contrataban directamente desde obra sin pasar por el proceso de compra y llevar el control sobre el pago de estos servicios, como lo son las fabricaciones de puertas, limpiezas de pozos sépticos, entre otros.

En este formato se identifican los datos del proveedor, información de contacto, descripción del trabajo, fechas de entrega, costo y formas de pago, también tiene las firmas del proveedor y del encargado de contratar la labor.

#### ***3.2.5 Revisión del fondo rotatorio y legalización de facturas.***

La empresa dispuso de fondos rotatorios por cada uno de los contratos, el cual representa un monto de dinero específico que se reembolsa semanalmente a medida que se gasta, este fondo está disponible en obra para ejecutar actividades que no se tienen previstas, gastos de viaje, materiales y herramientas menores.

Este fondo se reembolsa semanalmente, se legalizan, únicamente el valor que suman las facturas electrónicas o documentos de soporte válidos ante la DIAN, el proceso de recepcionar estos soportes y organizarlos para legalizar está a cargo de la practicante, para ello se crea un formato, el cual se alimenta con los datos de cada factura, este formato se puede observar en el apéndice F. Fondo Rotatorio CW143075.

La empresa hace un control semanal de las facturas, se tiene un cuadro en donde se discretizan las facturas por centros de costo, este proceso está a cargo del analista de compra y del ingeniero residente, en este proceso se deben comparar las órdenes de compra emitidas, con las facturas que recibe el área financiera y contable también se lleva un cuadro de control de anticipos: todo esto es muy importante para tener un control del manejo de recursos menores, y un estimado base de que porcentaje se usa del fondo rotatorio en materiales y viáticos.

### **3.3. Apoyo a la estimación de cronogramas y planificación de presupuestos de los proyectos.**

Para la estimación de cronogramas de los proyectos se deben secuenciar las actividades, este proceso consiste en identificar y documentar las relaciones entre las actividades de los proyectos.

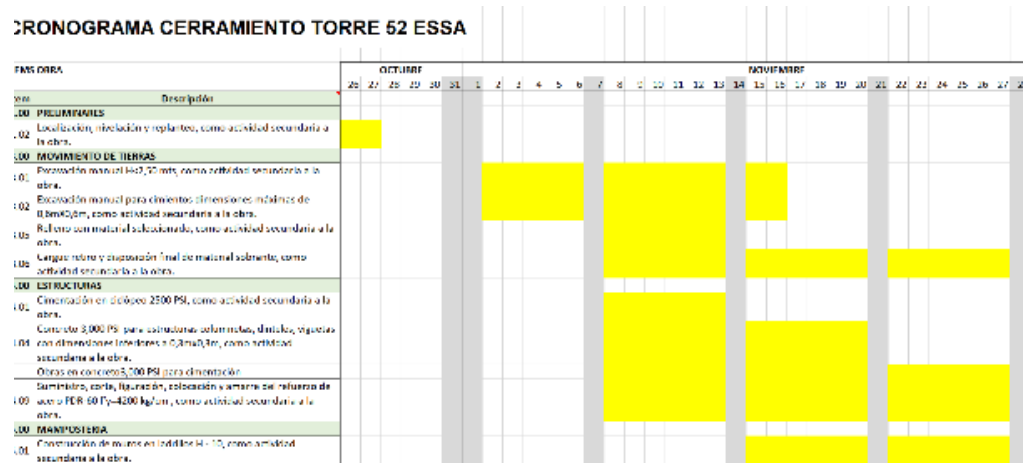
La utilidad más significativa de este proceso es la definición de la secuencia lógica de trabajo para obtener la máxima eficiencia, teniendo en cuenta todas las restricciones del proyecto. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto. (PMI, 2017)

La mayoría de los proyectos en los que se trabajó, se debía entregar en fechas establecidas por el cliente, esto para subsanar hallazgos.

La mayoría de los casos eran de seguridad, por ejemplo, el cerramiento de las torres eléctricas, se presenta por que surge la emergencia de restringir el paso a personal no autorizado, debido a que se encontró en las cámara de seguridad, personas arriesgando su vida, buscando materiales para posteriormente venderlos, para abordar este hallazgo se planteó el cronograma que se aprecia en el Apéndice M. Cronograma Torre 52-UIS (Ver un detalle del primer mes de ejecución planteada en la Figura 12), en el cual inicialmente se tenía estipulado una duración del proyecto de dos meses y medio.

**Figura 12**

*Cronograma construcción cerramiento torre 52-UIS.*



*Nota.* En la figura se observa el cronograma realizado para uno de los proyectos ejecutados, permitiendo controlar los tiempos establecidos frente a inconvenientes presentados durante el desarrollo de las actividades.

Se tuvieron en cuenta, posibles tiempos de lluvia en los que no se podía ejecutar ningún tipo de actividad por ende el cronograma no avanzaría, también se consideraron posibles demoras en la entrega de materiales y en el rendimiento de mano de obra. De esta forma se planteaba para cada uno de los proyectos, un cronograma estimado, bajo las fechas de entrega que el cliente requiera.

### **3.3.1 Asignación de presupuesto e identificación de actividades.**

Los contratos con la electrificadora de Santander ESSA, fueron adjudicados a través de licitación pública, la modalidad por excelencia de la selección de contratistas para obra pública y procesos de mayor cuantía.

Al momento de la adjudicación, se estableció un valor para cada uno de los contratos, de este, se asigna un monto para obra, uno para administración, el 5% para la utilidad y en el caso del

contrato CW143075 un valor para servicios el cual incluye IVA. Debido a la naturaleza de los contratos, en la que se atienden solicitudes por parte de los administradores de cada uno de los contratos, para hacer mantenimientos ya sean correctivos o preventivos, en los tiempos de atención determinados en cada uno de los contratos, se proyecta un presupuesto lineal respecto a la totalidad del valor del contrato.

También es de vital importancia identificar las posibles actividades a ejecutar en cada una de las solicitudes que el cliente hace, debido a que esta es la base de partida para la estimación de tiempos y recursos que va requerir la atención a esta, de esta forma poder seguir un para un correcto desempeño, se deben identificar los Ítems contractuales en los que se ejecutan las actividades identificadas, para lograr hacer un presupuesto, para tener claros los límites de los gastos de materiales y mano de obra.

En la figura 13, Se muestra el presupuesto de la construcción del cerramiento de la Torre eléctrica 52-UIS.

#### **3.4. Seguimiento y control de avance de los proyectos.**

El Seguimiento y Control de los proyectos, se lleva a cabo mediante una serie de actividades para verificar la adecuada ejecución de tareas establecidas en la etapa de planificación, esto para suministrar un entendimiento del avance de los proyectos, de esta forma poder tomar medidas correctivas en tiempos apropiados cuando así se requiera, y con esto evitar variantes significativas respecto a la planificación del proyecto.

Entre estas actividades se encuentran las visitas de obra periódicas, control de avance de cronogramas, seguimiento de órdenes de compra y chequeo del material en obra según cantidades calculadas en oficina, cantidades que se calculaban para proyectar el presupuesto a ejecutar, un ejemplo de presupuesto proyectado se puede ver en el Apéndice N. Presupuesto Torre 52-Uis.

**Figura 13***Presupuesto cerramiento Torre 52-UIS.*

Item	Descripción	Valor Total
<b>1.00</b>	<b>PRELIMINARES</b>	
1.02	Localización, nivelación y replanteo, como actividad secundaria a la obra.	781,716
<b>3.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	
3.01	Excavación manual H<2,50 mts, como actividad secundaria a la obra.	1,521,988.73
3.02	Excavación manual para cimientos dimensiones máximas de 0,6mX0,6m, como actividad secundaria a la obra.	2,540,014
3.05	Relleno con material seleccionado, como actividad secundaria a la obra.	231,227
3.06	Cargue retro y disposición final de material sobrante, como actividad secundaria a la obra.	2,582,640
<b>4.00</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>	
4.01	Cimentación en ciclópeo 2500 PSI, como actividad secundaria a la obra.	2,015,050
4.04	Concreto 3,000 PSI para estructuras columnetas, dinteles, viguetas con dimensiones inferiores a 0,3mx0,3m, como actividad secundaria a la obra.	5,589,153
	Obras en concreto 3,000 PSI para cimentación	21,811,188
4.09	Suministro, corte, figuración, colocación y amarre del refuerzo de acero PDR-60 f'y=4200 kg/cm , como actividad secundaria a la obra.	21,007,326
<b>5.00</b>	<b>MAMPOSTERIA</b>	
5.01	Construcción de muros en ladrillos H - 10, como actividad secundaria a la obra.	10,922,789
5.02	Construcción de muros en ladrillos H - 10, como actividad secundaria a la obra.	341,194
5.06	Embone de puertas y ventanas, como actividad secundaria a la obra.	66,830
<b>18.00</b>	<b>CARPINTERIA METALICA</b>	
18.02	Suministro e instalación Alambres de púa calibre 14 - 2,1/2", como actividad secundaria a la obra.	248,160
18.03	Suministro e instalación Angulo de refuerzo malla sobre tubería de 1 1/4 x 1/8, incluye pintura en anticorrosivo y esmalte , como actividad secundaria a la obra.	335,454
18.04	Suministro e instalación Cerramiento en tubería negra de 2" Incluye anticorrosivo y pintura, como actividad secundaria a la obra.	866,264
18.05	Suministro e instalación Concertina de 18" en acero, con cuchilla tipo razor ribbon, guaya galvanizada de alta resistencia tipo invernadero, materiales secundarios, sikadur epoxico, perros metalicos, alambre galvanizado, como actividad secundaria a la obra.	2,098,183
18.20	Suministro y colocación de marco metálico puerta en lamina 0,80 cm, como actividad secundaria a la obra.	217,260
18.22	Suministro y colocación de puerta en lamina Cal 18, como actividad secundaria a la obra.	657,560
	COSTO DIRECTO	73,833,996
	ADMINISTRACION	14,766,799
	UTILIDAD	3,691,700
	TOTAL	92,292,495

*Nota.* En la figura se observa las actividades establecidas, con el fin de llevar un seguimiento en la etapa de planeación, con base a los avances obtenidos en el proyecto, para tomar medidas correctivas en tiempos apropiados.

### **3.4.1 Aplicación y comparación del método de la cadena crítica.**

En el desarrollo de la práctica se aplicó este análisis de buffer en cuatro proyectos, en los cuales se pudo estimar cronogramas, teniendo en cuenta la fecha de entrega que el cliente requirió y las posibles variaciones aplicando Cadena Crítica. En este artículo se concentran los resultados del proyecto “Cerramiento de las torres eléctricas 52-UIS y Conucos, contrato CW143075”. Para obtener la cadena crítica del Proyecto 52-UIS se deben identificar las restricciones y las tareas

claves, posteriormente aprovechar los recursos y eliminar los compromisos, por último, se deben subordinar actividades y utilizar amortiguadores. Para el caso de la construcción del cerramiento de la torre 52-UIS, se tiene un cronograma base establecido, el cual nos sirve para identificar las relaciones entre tareas y la necesidad de recursos de cada una, partiendo de este punto se identifica la cadena crítica y las subcadenas, para posteriormente calcular los buffers. Las principales subcadenas del proyecto están conformadas por excavaciones, rellenos y figurado de hierro. Del análisis también se obtuvo un amortiguador del proyecto equivalente a 15 días, esto indica que tenemos un este plazo para la finalización del proyecto, y con esto, una protección para compensar posibles desviaciones o retrasos de actividades.

Adicionalmente, pese que se tiene en cuenta que disponemos de tiempos con y sin protección, estos se calcularon con el método del tercio crítico indicando en el marco de referencia y obteniendo una cadena crítica que se puede observar en el Apéndice O. Cadena Crítica Torre 52-UIS. Lo que nos genera para este caso específico:

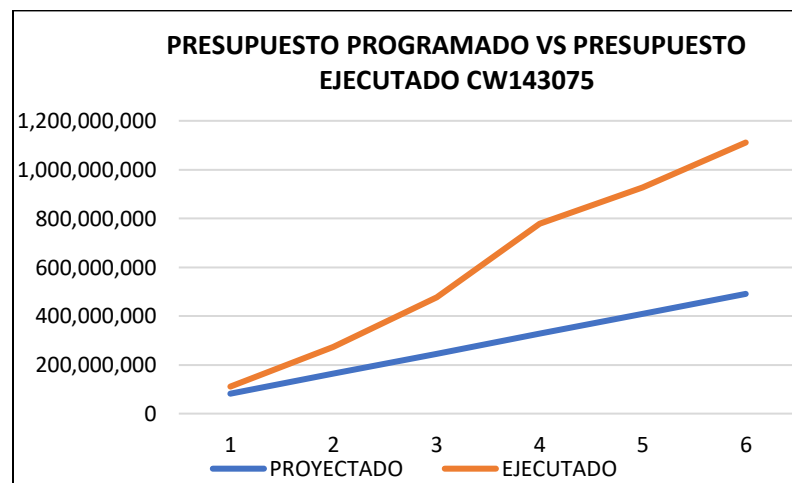
- I) Las actividades de excavación consumieron más tiempo del programado, mientras que el resto de las actividades emplearon la duración prevista.
- II) El inicio temprano de las subcadenas y la prolongación de la duración de las actividades pertenecientes a la cadena crítica, anteriores a la tarea que precedía una de las subcadenas, produjo un aumento del buffer de alimentación calculado.
- III) Teniendo en cuenta el cronograma proyectado tras el dimensionamiento de los amortiguadores la obra consumió 4 días de los destinados al buffer de proyecto, de tal forma que el proyecto finalizó antes de las fechas estimadas 11 días.

### 3.4.2 Presupuesto proyectado vs presupuesto ejecutado.

Según el presupuesto proyectado, anteriormente descrito como la fracción del valor total del contrato, con relación a la duración de este mismo, se espera ejecutar mensualmente un mínimo proyectado. Como se logra apreciar en la figura 14, en donde la curva azul representa el presupuesto proyectado equivalente a \$ 81.786.621,89 durante el desarrollo de la práctica, desde el segundo hasta el sexto mes de ejecución del contrato CW143075, se cumplió la meta, después de tomar un ritmo de ejecución se logró una utilidad en un 220% de lo programado. Esto se debe a la planificación de visitas en donde se logra cumplir más requerimientos en menor tiempo, esto también indica que el presupuesto no va a alcanzar para la duración establecida del contrato. Por ende, se tendrá que hacer ampliaciones en presupuesto para culminar la ejecución del contrato hasta la fecha establecida.

#### Figura 14

*Presupuesto proyectado vs presupuesto ejecutado contrato CW143075.*



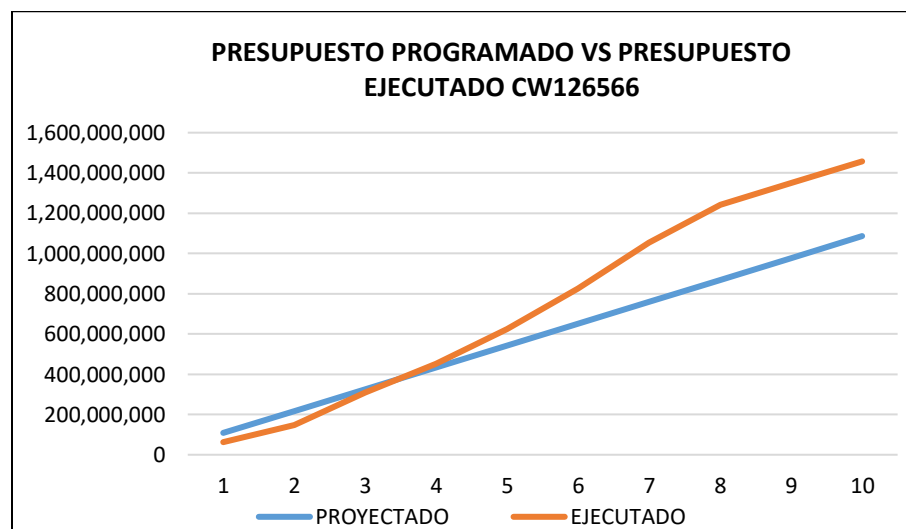
*Nota.* En la figura se observa una comparación gráfica del presupuesto proyectado vs el presupuesto ejecutado para del contrato CW143075, donde se cumplió la meta establecida, logrando una utilidad del 220%.

En el contrato CW126566 entre el sexto y décimo mes de ejecución, se logró superar el objetivo en un 142%, este contrato tiene un presupuesto proyectado mensual de \$108.627.066, como se puede apreciar en la figura 15.

Al inicio del contrato no se logró cumplir la meta propuesta, no fue sino hasta el tercer mes de ejecución en el que se logra nivelar el presupuesto acumulado debido a la celeridad que se dio para cumplir solicitudes y lograr ordenar los recursos de la mejor forma, después de este punto crítico se tomó un ritmo de trabajo permitiendo continuar ejecutando mensualmente más de lo estimado, igual, que al contrato CW143075, se evidencia, que si se continua ejecutando labores con el mismo ritmo, se debe hacer una adición al presupuesto.

### Figura 15

*Presupuesto proyectado vs presupuesto ejecutado contrato CW126566.*



*Nota.* En la figura se observa una comparación gráfica del presupuesto proyectado vs el presupuesto ejecutado para del contrato CW126566, donde al comienzo no se logró la meta establecida, sino hasta el tercer mes, nivelando el presupuesto acumulado, logrando en el décimo mes una utilidad del 142%.

### ***3.4.3 Proceso de creación de informes actas y cortes de obra***

Mensualmente se debe enviar al administrador de cada uno de los contratos, las cantidades ejecutadas de las diferentes actividades estipuladas en los ITEMS contractuales, para la creación de estos informes es necesario recopilar información de medidas de campo, para esto se realizan visitas a los diferentes puntos de trabajo, el maestro de obra y el residente de cada contrato, se encarga de verificar medidas, las cuales entregan a la practicante para la elaboración de actas, en las que se deben poner las cantidades entregadas de obra en cada uno de los ITEMS a los que corresponda y las respectivas fotografías de la actividad ejecutada, las cuales se recopilaron diariamente, según la ejecución.

En el apéndice G. Corte de Obra 4 CW143075 y Apéndice H. Corte de Servicios 4 CW143075 se puede ver el informe de corte de obra y servicios respectivamente, correspondientes a la ejecución de obra del contrato CW143075, en el apéndice I. Corte de obra 9 CW126566 se puede ver el informe de corte de obra correspondiente a la ejecución de obra del contrato CW126665.

Después de enviar este informe, se programa una reunión, en la que están presentes el ingeniero residente y el administrador de contrato, en esta reunión se elabora el acta de pago, de acuerdo con las cantidades que se aprueben de los informes que se estén revisando, en esta acta de pago, se debe indicar que valor del presupuesto se ejecutó por municipio en el mes, el presupuesto ejecutado acumulado y el valor de la administración, en el apéndice J. Acta 4 Obra CW143075 y apéndice K. Acta 4 Servicios CW143075 se encuentra el acta de cobro del contrato CW143075, correspondiente a los informes de obra 4 y servicios 4, respectivamente.

Posterior a esto, se deben esperar códigos para facturación de parte de la ESSA, tan pronto el administrador del contrato haga entrega de estos códigos se debe generar la factura electrónica,

y enviar la solicitud de pronto pago, por último, se debe estar pendiente de que llegue el radicado de recepción de pronto pago, este documento se puede observar en el apéndice L. Solicitud de Pronto-pago.

#### 4. Conclusiones

Los contratos de mantenimientos preventivos y correctivos, son contratos muy dinámicos, se requiere de tener un sistema de compras muy eficiente y rápido, a razón, de la falta de tiempo para planear la ejecución de actividades para solucionar imprevistos, se logró identificar la importancia de mantener un STOCK de materiales básicos y digitalizar el proceso de compras para hacerlo más fluido y hacedero para cualquier persona del equipo de trabajo mediante los formatos como solicitud de material, la orden de compra y la orden de trabajo de proveedor.

Se resalta también que la planificación de cronogramas de actividades dentro de un periodo especificado permite administrar de forma efectiva tiempos o estipula plazos accesibles, para garantizar la calidad del servicio y la satisfacción del cliente; para estos, también se permite llevar una trazabilidad de los presupuestos, identificando que los mantenimientos correctivos frecuentemente generan menores utilidades que los mantenimientos preventivos en los que hay una mejor planificación.

El uso la metodología de la Cadena Crítica, conlleva una mejora respecto a los sistemas tradicionales de planificación, seguimiento y control, permitiendo una reducción de los tiempos de ejecución, con un aumento significativo de la probabilidad de que la finalización de los proyectos sea anticipada, al realizar una distribución efectiva de las protecciones necesarias para hacer frente a la incertidumbre asociada a los mantenimientos preventivos, finalmente, se espera más conveniente para el dimensionamiento de buffers, en esta modalidad de contrato, el Método del Tercio Critico (TC) debido a su alto grado de variabilidad, y a que los periodos de ejecución son en su mayoría bajos, lo que genera cadenas de tareas cortas por ende, buffers probablemente cortos resultando en mejorías de tiempo en 15%.

### Referencias Bibliográficas

- Cairo, A. E. (2006). *Diseño y ejecución de obras civiles en una Sub-Estación de transformación de energía eléctrica de alta tensión*. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de ingeniería civil, Lima, Perú.
- García Gutiérrez, M. F. (2014). *Análisis de aplicabilidad y beneficios de método de la cadena crítica (CCPM) en proyectos de ingeniería y construcción*. Repositorio Académico de la Universidad de Chile, Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130471>
- Grupo de investigación ORCA. (2020). *Caracterización de subestaciones eléctricas*. Semillero de investigación. Región Central RAPE. BARIÓN <https://regioncentralrape.gov.co/wpcontent/uploads/2020/04/Subestaciones-Ele%CC%81ctricas.pdf>
- Iglesias Sánchez, J. L. (2005). *Los buffers del proyecto*. Gestión de proyectos (III), Partida Doble (167) 76-85. <http://www.partidadoble.es/>
- López de Ávila Muñoz, M. (2009). *Cadena Crítica*. Blog Nodos en la Red. <http://nodos.typepad.com/>
- Newbold, R. C. (2010). *Scheduling for Success with Critical Chain*. ProChain Solutions Inc. Resource Center. <http://www.prochain.com>
- Newbold, R. C. (2011). *Fever Chart Regions*. Blog ProChain. [http://prochain.com/prochain\\_blog/](http://prochain.com/prochain_blog/)
- OCARPIGINA. (2008). *Cadenas Productivas Electricidad*. Blog Ocarpigina. <https://ocarpigina.blogia.com/2008/041902-cadenas-productivas-electricidad.php>

- PMI. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. En *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía de PMBOK)-Sexta Edición* (págs. 307-333). Pennsylvania EE.UU: Project Management Institute Inc.
- RELSAMEX ELECTRIC. (2020). *Elementos principales de una subestación eléctrica*. <https://www.relsamex.com/elementos-principales-de-una-subestacion-electrica/>
- Trouchón Bravo, D. C. (2019). *Apoyo en el seguimiento y control de obras civiles de los proyectos requeridos en la subgerencia de subestaciones y líneas de la ESSA*. Repositorio Institucional UPB. [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6460/digital\\_38752.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6460/digital_38752.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Twenergy. (2019). *Energía eléctrica*. Guía para entender el sistema interconectado nacional colombiano. <https://twenergy.com/energia/energielectrica/guia-para-entender-el-sistema-interconectado-nacional-colombiano2233/>
- Urso, C. (2005). *Planificación del tiempo utilizando Cadena Crítica y Buffer Management (Administración de Buffers)*. PM Value. <http://www.pmvalue.com.ar/>
- Vázquez García, E., Amiama Ares, C., & Barraza Rioja, M. (2017). *Cadena crítica: dimensionamiento de los buffers del proyecto*. 21th International Congress on Project Management and Engineering, (págs. 91-103). Cádiz.
- Vesga Moreno Ingenieros SAS. (2022). *Vesga Moreno Ingenieros SAS*. <https://vesgamoreno.com.co/>
- Yepes, D. A. (2015). *Obras de mantenimiento locativo*. <http://hdl.handle.net/20.500.12622/4416>

## Apéndices

**Apéndice A.** Solicitud de material o servicio.

**Apéndice B.** Ficha de proveedor.

**Apéndice C.** Orden de compra Concreta CW126566.

**Apéndice D.** Orden de compra Ardisa CW143075.

**Apéndice E.** Orden trabajo proveedores.

**Apéndice F.** Fondo Rotatorio CW143075.

**Apéndice G.** Corte de obra 4 CW143075.

**Apéndice H.** Corte de servicios 4 CW143075.

**Apéndice I.** Corte de obra 9 CW126566.

**Apéndice J.** Acta 4 obra CW143075.

**Apéndice K.** Acta 4 servicios CW143075.

**Apéndice L.** Solicitud de pronto-pago.

**Apéndice M.** Cronograma Torre 52-UIS.

**Apéndice N.** Presupuesto Torre 52-UIS.

**Apéndice O.** Cadena Critica Torre 52-UIS.

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS