

**CONTINGENCIA DEL TÚNEL DE CURAZAO DE LA CHEC. LECCIONES
APRENDIDAS**

***CONTINGENCY OF THE CURAZAO TUNNEL OF THE CHEC. LEARNED
LESSONS***

SEBASTIÁN ARANGO NOREÑA¹

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
magíster en Gerencia de Proyectos**

Asesor

Diego René Gonzales Miranda, Ph. D.

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS
PEREIRA
2020**

¹ sarango16@gmail.com

Contenido

RESUMEN	5
1 INTRODUCCIÓN	7
2 SITUACIÓN EN ESTUDIO	10
2.1 CONTEXTUALIZACIÓN	10
2.2 CONTEXTO OPERACIONAL DE LA CENTRAL ÍNSULA	14
2.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	16
2.4 SECUENCIA DEL EVENTO.....	23
2.5 Justificación del trabajo de grado en términos de la maestría	28
3 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS	29
3.1 OBJETIVO GENERAL	30
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
4 MARCO DE REFERENCIA CONCEPTUAL	30
4.1 LECCIONES APRENDIDAS (LA).....	30
4.2 MANUAL DE LECCIONES APRENDIDAS DE LA OTAN	33
4.2.1 Restricciones y limitantes	35
4.3 REVISIÓN DESPUÉS DE LA ACCIÓN (RDA)	36
5 ASPECTOS METODOLÓGICOS	38
5.1 TIPOS DE ESTUDIO Y DE DISEÑO	38
5.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	40
5.3 SUJETOS Y ACTORES SOCIALES.....	45
5.4 PROCEDIMIENTO	47
5.4.1 Sistema categorial.....	47
5.4.2 ANÁLISIS	48
5.5 CARTA DE ALINEAMIENTO METODOLÓGICO	71
5.6 CONSIDERACIONES ÉTICAS	72
6 HALLAZGOS DE LA INVESTIGACIÓN	72
6.1 PARTICIPANTES Y METODOLOGÍAS DE INTERVENCIÓN	73

6.2	EL DEBER SER DE LA INTERVENCIÓN DEL SINIESTRO	79
6.3	CÓMO SE INTERVINO EN REALIDAD	83
6.4	IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS	87
6.5	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	89
6.6	ASPECTOS DE APRENDIZAJE O MEJORA.....	91
7	REFLEXIONES FINALES	92

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Topología del sistema de generación de la CHEC	13
Ilustración 2. Central Ínsula	15
Ilustración 3. Localización de la subsidencia en el terreno aledaño al túnel Curazao	20
Ilustración 4. Subsidencia encontrada en el terreno aledaño al túnel Curazao	20
Ilustración 5. Fisuras longitudinales encontradas en el túnel después del evento	21
Ilustración 6. Afloramiento de agua en muro de soporte a la salida del túnel Curazao	26
Ilustración 7. Dispositivo de sobrevelocidad actuado después del evento	27
Ilustración 8. Proceso de lecciones aprendidas de la OTAN	35
Ilustración 9. Capacidad de las lecciones aprendidas	39
Ilustración 10. Procesos de la nueva metodología de lecciones aprendidas	53
Ilustración 11. Diagrama de flujo del trabajo investigativo.....	54
Ilustración 12. Carta de alineamiento metodológico del proyecto de investigación	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Accionistas de la CHEC en 2018	11
Tabla 2. Mercado de la CHEC en 2018.....	12
Tabla 3. Estructuración de las preguntas.....	42
Tabla 4. Entrevistas realizadas	43
Tabla 5. Revisión documental de las actas de seguimiento	44
Tabla 6. Participación de los actores sociales.....	46
Tabla 7. Construcción de la observación R	49
Tabla 8. Estructura del instrumento investigativo	50
Tabla 9. Comparación de la metodología de riesgos con la nueva metodología de lecciones aprendidas	53
Tabla 10. Observaciones	55
Tabla 11. Consolidado de LA.....	67

RESUMEN

Observar, recopilar y analizar los eventos ocurridos en la organización permite la construcción y la implementación de procesos que garantizarán menores pérdidas económicas en el futuro. Su aplicación evita incurrir en la repetición de errores y contribuye a la implementación de buenas prácticas identificadas. Es así, y a pesar de que en la CHEC existe una metodología para el levantamiento de lecciones aprendidas, que no ha sido suficientemente socializada con las áreas, se identificó la necesidad de la construcción de las lecciones aprendidas ocurridas en la contingencia del túnel de Curazao, de propiedad de CHEC, en el año 2019. En este trabajo se incluyeron tanto el concepto como las metodologías de lecciones aprendidas de la OTAN (NATO, 2016) y la revisión después de la acción. Se construyeron las lecciones aprendidas con el fin de convertirlas en una fuente de información de consulta abierta para enriquecer el conocimiento del personal de la empresa para futuros eventos o proyectos que afecten la sostenibilidad del negocio, tanto de la CHEC como de otras empresas del sector.

Palabras clave: CHEC, lecciones aprendidas, OTAN, revisión de después de la acción, túnel de Curazao.

ABSTRACT

Observing, collecting and analyzing the events that have occurred in the organization allows the construction and implementation of processes that will guarantee lower economic losses in the future. Its application avoids incurring in the repetition of errors and contributes to the implementation of identified good practices. This is the case, and despite the fact that in the CHEC there is a methodology for collecting lessons learned, which has not been sufficiently socialized with the areas, the need to build the lessons learned occurred in the contingency of the Curacao tunnel was identified, owned by CHEC, in 2019. This work included both the concept and methodologies of NATO lessons learned (NATO, 2016) and the after-action review. The lessons learned were constructed in order to turn them into a source of information for open consultation to enrich the knowledge of the company's personnel for future events or projects that affect the sustainability of the business, both for CHEC and other companies in the sector.

Key words: *CHEC, lessons learned, NATO, after action review, Curacao tunnel.*

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo partió del evento ocurrido en la central Ínsula de la Central Hidroeléctrica de Caldas S. A. E. S. P. (en adelante CHEC), el 28 de febrero del año 2019. Ínsula es la central con la que comienza la cadena de las centrales de generación de energía, columna vertebral del negocio de generación, conocida como la cadena de mayores de CHEC, compuesta por las centrales Ínsula, Esmeralda y San Francisco. Estas centrales están ubicadas en los municipios de Chinchiná y Palestina, en el departamento de Caldas, y aprovechan los afluentes de los ríos Chinchiná, Campoalegre, San Eugenio, Estrella y San Francisco, para desembocar las aguas aprovechadas y turbinadas el río Cauca. CHEC tiene siete centrales de generación de energía hidráulicas, de las que la cadena de mayores aporta alrededor del 95%² de la producción promedio de la capacidad de generación de energía del negocio de generación de CHEC. Debido a la falla en el túnel de Curazao, que une el lago La Mira con la tubería de presión de dicha central, se generó la afectación en la producción de energía a causa de la indisponibilidad de la central Ínsula y a la afectación en las centrales Esmeralda y San Francisco. Al inicio de la situación se estimaron las pérdidas de generación en la cadena de mayores en 227 GWh, con un tiempo recuperación de diez meses, pero, después de los trabajos realizados, las pérdidas de generación de energía reales, después de cinco meses de reparación, se contabilizaron en 99 GWh.

El evento se presentó durante el período comprendido entre el 28 de febrero y el 6 de agosto del año 2019, es decir, duró cerca de cinco meses. Durante la emergencia, no solo el área de generación estuvo involucrada en la recuperación, sino que, además, se sumaron a los trabajos otras áreas de la empresa como Finanzas, Suministro y Soporte Administrativo, Proyectos y Auditoría. Con este

² Participación de la energía promedio generada por la cadena de mayores durante en un año (579 GWh-año) frente a la generación promedio anual del sistema de generación hidráulica (607 GWh-año). El promedio se calculó en el período comprendido entre 1980 y 2018.

apoyo se buscaba la pronta puesta en operación de la central, para disminuir las pérdidas generadas por el evento.

CHEC tiene cargada en el Sistema de Gestión Integral (SGI) la guía metodológica para la identificación y la documentación de lecciones aprendidas con el código GM-GH-09-000-008, junto con el formato para documentar las lecciones aprendidas, (en adelante LA)³. La difusión y la socialización de esta guía no se realizó de manera general en la empresa por parte del área de Gestión Humana, en la que se encuentra el proceso de Gestión de Competencias y Aprendizaje, al que se le cargó la guía metodológica mencionada en el SGI. Esto ha generado su desconocimiento o la mala aplicación y ha llevado a la pérdida de información o al registro errado de documentación, lo que redundó en que no se implemente en forma correcta la cultura de levantamiento de LA en la empresa.

En el evento ocurrido en el túnel de Curazao se reflejó la falta del registro de documentación de las dificultades o las fortalezas presentadas durante la recuperación del siniestro. Lo anterior generó la pérdida de información importante para el negocio de generación puesto que no se documentó toda la experiencia adquirida durante la recuperación, tanto de los problemas presentados y sus soluciones como de las buenas prácticas aportadas por el personal involucrado o por otras áreas de la empresa. De igual forma, no se aprovechó una fuente de información primaria que tenía una de las ingenieras del área de generación, pues durante la recuperación alcanzó su edad de pensión; se trataba persona con más de 35 años de servicio en la empresa.

Con base en lo anterior, se vio la necesidad de construir las LA ocurridas durante el evento, con el fin de generar una fuente de información de consulta abierta para enriquecer el conocimiento del personal, tanto del área de generación como de la

³ El código del formato de lecciones aprendidas elaborado por CHEC y cargado en el SGI es FO-GH-009-000-032.

empresa en general, para futuros eventos. De manera similar, las LA proporcionan información importante para identificar las posibles fallas en los procesos del área, lo que permitiría la implementación de planes de acción o de mitigación y, entre otras posibilidades, velar por la sostenibilidad del negocio y, por ende, de la empresa. Los resultados de esta indagación se presentan en este manuscrito.

El objetivo del presente trabajo fue la construcción de las LA ocurridas durante la recuperación del evento presentado en el túnel de Curazao en el año 2019. Este objetivo se alcanzó mediante el uso del concepto y la implementación del manual de LA de la OTAN (NATO, 2016), complementado con la metodología de la revisión después de la acción. Lo anterior se apoyó en el sistema categorial y la metodología para la gestión de LA basada en la metodología de gestión de riesgos, para dar mayor profundidad al análisis de la información recopilada. Con la aplicación de lo anterior se lograron la construcción, el análisis, la documentación y la clasificación de las LA con mayor relevancia para el negocio. Para el desarrollo del trabajo se contó con información primaria obtenida del personal que participó en forma directa o indirecta en el evento, por medio de entrevistas.

El contenido del manuscrito está compuesto por siete capítulos, en los que se detalló el trabajo realizado en la investigación y que consta de lo siguiente: en el capítulo 1 se hace una introducción en la que se presenta una pequeña contextualización de la situación en estudio. En el capítulo 2 se encuentra la descripción del problema que dio origen al trabajo de grado, que partió de la contextualización de la central Ínsula para poder llegar a la definición del problema. En el capítulo 3 se presentan los objetivos del trabajo, tanto el general como los específicos, que fueron la guía y el referente para el desarrollo de la investigación. En el capítulo 4 se hace una descripción general del marco de referencia conceptual y se explican los conceptos y la metodologías utilizadas, como fueron las LA, la guía metodológica de LA de la OTAN (NATO, 2016) y la revisión después de la acción. En el capítulo 5 se explican los aspectos metodológicos utilizados y su aplicación

en el trabajo, para poder alcanzar el producto final y dar claridad al lector del trabajo detrás de la investigación. En el capítulo 6 se presentan los hallazgos de la investigación según la estructura sugerida en la guía metodológica de LA de la OTAN (NATO, 2016).

2 SITUACIÓN EN ESTUDIO

En este capítulo se hace una contextualización general de la empresa desde su mayor accionista, que son las Empresas Públicas de Medellín (en adelante Grupo EPM), hasta su fundación y su objeto social. Se presenta una contextualización de la central Ínsula para poder entender y definir el problema de estudio del presente trabajo.

2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

El Grupo EPM tiene presencia en seis países latinoamericanos, con siete negocios en los sectores de energía, agua, gas natural y residuos sólidos, agrupados en 47 empresas (EPM, 2019). A partir del año 2002, hizo dos capitalizaciones en la CHEC, por medio de EPM y EPM Inversiones S. A., con lo que capturó el 80.09% de las acciones. El porcentaje restante está dividido entre Infi-Caldas, Infi-Manizales y los municipios y los departamentos de la zona de influencia de la CHEC. El discriminado de participación de los accionistas de la entidad se indica en la Tabla 1 (CHEC, 2019, p. 36).

La CHEC tiene como objeto social la prestación del servicio público de energía, mediante los negocios de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. La CHEC es una "empresa de economía mixta de servicios públicos, con autonomía administrativa, patrimonial y presupuestal, sometida al régimen general aplicable a las empresas de servicios públicos y a las normas especiales que rigen a las empresas del sector eléctrico" (Ramírez López y Ocampo Cruz, 2011, p. 89).

Tabla 1. Accionistas de la CHEC en 2018

ACCIONISTAS	No. de Acciones en CHEC	% de Participación en CHEC
EPM Inversiones S.A.	7 992 436	55,651346%
EPM	3 509 887	24,439350%
Infi-Caldas	2 371 519	16,512891%
Infi-Manizales	401 332	2,794475%
Municipio de la Dorada	27 738	0,193140%
Departamento de Risaralda	16 738	0,116547%
Municipio de Pereira	9 438	0,065717%
Corporación Regional del Quindío	6 674	0,046471%
Municipio de Samaná	6 246	0,043491%
Municipio de Pensilvania	2 438	0,016976%
Municipio de Aguadas	1 651	0,011496%
Municipio de Villamaría	1 490	0,010375%
Municipio de Anserma	1 481	0,010312%
Empresa de Energía del Quindío	1 462	0,010180%
Municipio de Riosucio	1 360	0,009470%
Municipio de Victoria	1 325	0,009226%
Municipio de Chinchiná	1 259	0,008766%
Municipio de Santa Rosa de Cabal	1 088	0,007576%
Municipio de Risaralda	1 042	0,007255%
Municipio de Marquetalia	944	0,006573%
Municipio de Aranzazu	764	0,005320%
Municipio de Marsella	711	0,004951%
Municipio de Quinchía	692	0,004818%
Federación Nacional de Cafeteros	620	0,004317%
Municipio de Pácora	526	0,003663%
Municipio de Palestina	275	0,001915%
Municipio de Filadelfia	210	0,001462%
Municipio de Belalcázar	207	0,001441%
Municipio de Manizales	69	0,000480%
Totales	14 361 622	100 %

Fuente: (CHEC, 2019, p. 36)

CHEC fue fundada el 26 de febrero de 1944, cuando se constituyó la sociedad Central Hidroeléctrica de Caldas, que luego cambió su nombre a Central Hidroeléctrica de Caldas S. A. E. S. P. Durante sus primeros años de funcionamiento, la CHEC emprendió grandes luchas, en medio de la topografía del Eje Cafetero, para lograr la electrificación de las municipalidades de la región. Es así como se hizo cargo de las pequeñas plantas de generación existentes en la época, hoy llamadas plantas menores⁴, y de sus incipientes redes de distribución

⁴ Centrales Sancancio, Intermedia, Municipal y Guacaica.

para alumbrado público. Más tarde, con una admirable labor de ingeniería caldense y de sus trabajadores, construyó las actuales plantas mayores: Ínsula, Esmeralda y San Francisco. El 12 de septiembre de 2012, la CHEC recibió la central térmica Termodorada por parte de I. C. Industrias, empresa antioqueña con la que firmó un acuerdo de compra-venta de energía o PPA (por las siglas de la expresión en inglés *power purchase agreement*) en el año 1995, con una duración de 15 años a partir de su entrada en operación, que se dio en el año 1997.

CHEC tiene presencia en los departamentos de Caldas y Risaralda, excepto en la ciudad de Pereira, y atiende 40 municipios (27 en Caldas y 13 en Risaralda). Según el informe de sostenibilidad presentado del año 2018 (CHEC, 2019), la empresa tiene un total 488.434 clientes matriculados, discriminados en la Tabla 2.

Tabla 2. Mercado de la CHEC en 2018

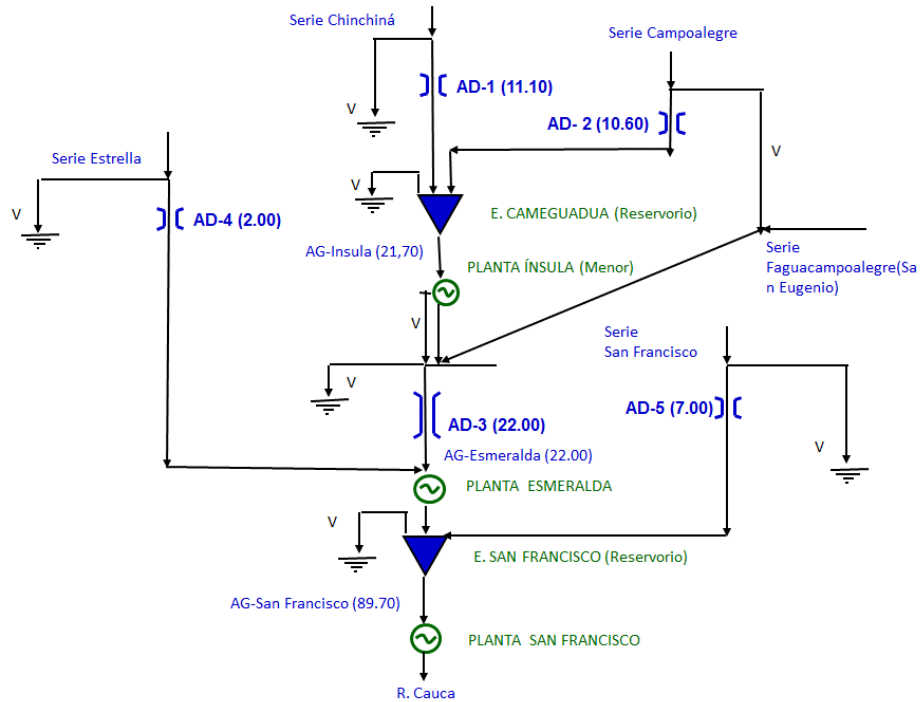
Mercado CHEC 2018	
 Población impactada	1 484 990 <small>Proyección DAHE 2016</small>
 Clientes residenciales	442 275
 Clientes gobierno oficial	7 028
 Clientes comerciales	38 254
 Clientes industriales	877
 Clientes oficiales MNR y otros	0
 Clientes urbanos	367 438
 Clientes rurales	120 996
Total clientes	488 434

Fuente: CHEC (2019, p. 17)

La columna vertebral del negocio de generación está compuesta por las unidades generadas de las centrales Ínsula, Esmeralda y San Francisco, conocida como la cadena de mayores, detallada en la Ilustración 1. Por su ubicación en cascada, se

aprovecha el agua turbinada en la central anterior; esta cadena de generación tiene un registro histórico, cuyo promedio anual de generación es de 579 GWh-año⁵.

Ilustración 1. Topología del sistema de generación de la CHEC



Fuente: proceso de gestión energética del área de generación en el año 2010 (información interna de la empresa)

⁵ Energía promedio generada por la cadena de mayores durante en un año. Promedio sacado del archivo *Generación histórica centrales CHEC*, para el período 1980-2018, que es de seguimiento del equipo de trabajo de planificación de generación y es información interna de la empresa.

2.2 CONTEXTO OPERACIONAL DE LA CENTRAL ÍNSULA⁶

La central Ínsula es la primera de las tres centrales de la cadena de generación, denominada cadena de mayores, que aprovecha las aguas de los ríos Chinchiná, Campoalegre y San Francisco, para descargar al final sus aguas en el río Cauca.

El agua del río Chinchiná y de su afluente río Claro se capta en la bocatoma Montevideo, que tiene capacidad de captación de 11.1 m³/s y se conduce a través de canales y tuberías hasta el embalse de Cameguadua, al que también llegan las aguas del río Campoalegre, captadas en la bocatoma Campoalegre, que tiene una capacidad de captación de 10.6 m³/s; de igual forma a este embalse llega en forma directa la quebrada Cameguadua después de su paso por el municipio de Chinchiná.

El embalse inunda un área de 33 hectáreas y tiene un volumen total de diseño 2.25 Mm³, con un volumen actual de 0.12 Mm³. La presa de tierra homogénea tiene un volumen de 0.14 Mm³, su base es de 270 m y su altura de 15 m.

Debido al gran volumen de sedimentos descargado en el embalse, fue seccionado mediante un dique divisorio, con el fin de poder efectuar en forma periódica la limpieza de dichos sedimentos a través del túnel de descarga de fondo de cada una de las mitades. Con esta operación se disminuye el impacto en el sistema durante la limpieza del embalse.

A partir del embalse Cameguadua, el agua se conduce por un túnel de 2.5 m de diámetro y una longitud 2,045 m, que tiene una capacidad aproximada de 21 m³/s, llamado túnel de Curazao. A la salida del túnel hay una válvula de mariposa de 98

⁶ Extraído del documento *Informe análisis de causa raíz*, elaborado por el equipo conformado para el análisis del evento ocurrido en el túnel de la central Ínsula por parte de CHEC, que es información interna de la empresa.

pulgadas, conocida como válvula de Curazao, que da paso a una conducción metálica forzada del mismo diámetro del túnel, con una longitud de 890 m. Termina dicha tubería en una almenara de orificio restringido, con diámetro de 3 m y una longitud 153 m. Inmediatamente después de la almenara hay una cámara equipada con tres válvulas de mariposa que dan acceso a las tuberías de carga de cada una de las unidades de generación de la central. Las tuberías de carga tienen un diámetro de 1.62 m y una longitud de 264 m cada una, para las unidades I y II, y para la unidad III se tiene una tubería de diseño más moderno, con un diámetro de 2.27 m.

La central Ínsula fue diseñada por la firma Parsons, Brinckerhoff, Hogan & Macdonald y construida por Christiani y Nielsen en 1949. Tuvo una ampliación, correspondiente a la unidad III, en 1979. Está compuesta por una casa de máquinas, un patio de maniobras y una subestación.

Ilustración 2. Central Ínsula



Fuente: fotos tomadas por personal de la CHEC

El proceso de generación se obtiene mediante la integración de los siguientes sistemas:

- Bocatomas
- Embalse
- Conducciones
- Casa de máquinas
- Generadores
- Turbinas
- Sistema de regulación de velocidad
- Sistema de regulación de tensión
- Servicios auxiliares
- Sistema de refrigeración y drenaje
- Válvulas principales
- Protecciones eléctricas
- Control de unidades
- Sistema contra incendios

2.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Tener una información fiable es parte vital para las organizaciones en el mundo, con independencia de su tamaño, pues se convierten en una fuente necesaria para la toma de decisiones que buscan la sostenibilidad de la empresa. La recolección de esta información se debe planear con el fin de que su resultado en la entidad sea óptimo y no tergiversarse los resultados esperados.

Desde las décadas de los sesenta y los setenta, diferentes organizaciones se han enfocado a establecer las mejores prácticas mediante metodologías para la recopilación y el análisis de información, como han sido el Ejército de los Estados Unidos de América, con la revisión después de la acción (RDA) o *action after review* o (AAR), en inglés, el Project Management Institute (PMI), con la guía del *PMBOK*® (PMI, 2017), y la OTAN, con el manual de lecciones aprendidas (NATO, 2016).

La recolección, la identificación y el análisis de la información se puede ver truncados por diferentes motivos, como lo expuso Hernández Muñoz(2010):

Las personas, a pesar de su voluntad y deseo de aprender sobre el tema, no comparten su conocimiento ni su gestión diaria, por falta de tiempo,

(muchas actividades laborales) o porque lo ven como una carga más, por poca motivación, por desconocimiento de un modelo adecuado, por desconocimientos de sus resultados, por miedo a ser reemplazados y hasta conformismo en lo que hacen (Hernández Muñoz, 2010, p. 18).

Con el argumento anterior, es necesario involucrar a todo el personal en la construcción y la sensibilización de la documentación y la información de la empresa, con independencia de su rol o de la contribución que pueda aportar. De igual forma, se deberán comunicar, con el debido respeto por la criticidad de la información, los resultados obtenidos por la empresa, los logros alcanzados y las metas pendientes, para así sensibilizar al personal, hacerlo partícipe y mostrar los valiosos resultados alcanzados.

La gestión del conocimiento ha tomado relevancia en los últimos años, tal como lo argumentó Pérez-Montoro Gutiérrez (2008): “en los últimos quince años, de una manera silenciosa, pero constante, estamos asistiendo a la emergencia y consolidación de una nueva disciplina en el ámbito de las organizaciones: la gestión del conocimiento” (p. 14). Una estrategia, conocida como fusión creativa, utilizada para la construcción de la gestión del conocimiento, propone la consolidación de equipos que contengan pluralidad respecto al conocimiento, experiencias vividas y puntos de vista, para así poder potencializar su capacidad creativa, que redundará en un resultado óptimo (Pérez-Montoro Gutiérrez, 2008, p. 117).

Pero esta estrategia no es solo para la creación de nueva información, sino también para la construcción basada en hechos ocurridos, en la que la polivalencia en los equipos puede ser un factor clave para el producto final. Esto se respalda en lo siguiente:

Los problemas complejos se pueden abordar y resolver más eficazmente cuando se hacen conjuntamente. No cabe duda de que el trabajo en

equipo es una necesidad insoslayable para actuar en una realidad social de complejidad creciente y de múltiples interdependencias. Ciertamente determinadas tareas no se pueden hacer, si no es por la acción conjunta mediante la convergencia de diferentes actividades, habilidades y conocimientos (Ander-Egg & Aguilar, 2001, p. 11).

Es necesario, entonces, construir un equipo polivalente para recopilar diferente información, de fuentes confiables, para así construir el resultado buscado sin sesgo alguno y con aportes de gran valor en el resultado final. Se ha de tener como finalidad que el efecto causado en la organización sea el óptimo y el esperado por la empresa.

Como organización del sector público, el grupo EPM, en su filial Antioquia, ha sido pionera en la gestión del conocimiento, con más de 20 años de recorrido, en los que ha trabajado en la documentación de sus procesos en sus diferentes unidades de negocio, con la mira de buscar la aplicación de buenas prácticas y de potenciar las experiencias (Hernández Muñoz, 2010, p. 15). Este trabajo se ha venido replicando en el resto de sus filiales mediante la implementación de la documentación y la consolidación de la información en el Sistema de Gestión Integral.

Una de las opciones para la recolección de información fiable para la construcción de la gestión del conocimiento son las LA, entendidas como un activo intangible de las organizaciones que, según Di Doménico y De Bona, “si son gestionados y medidas convenientemente, se transforman en una fuente de ventaja competitiva sostenible capaz de proporcionar valor organizativo y traducirse en beneficios importantes” (p. 78). Sin embargo, en el país las cifras demuestran que no se ha identificado el potencial que tiene la recolección de las LA para las empresas, pues, como indicó PricewaterhouseCoopers (pwc), firma de consultoría con presencia en Colombia desde 1947, en la nación el 71.6% de las empresas de los encuestados señalaron que su organización solo a veces o nunca genera y comparte un reporte

de LA sobre los proyectos (PWC, 2011). Para mayor información sobre la compañía consultora mencionada se puede consultar pwc (2020).

La CHEC hace parte del porcentaje citado por la PWC, porque el uso de LA es deficiente, a lo que se suma a que esta cultura aún no se ha implementado de manera oficial en la empresa, como se pudo observar en el mes de febrero de 2019, cuando no se recopilaron las LA del evento que dejó indisponible la central Ínsula.

El evento en estudio ocurrió el 28 febrero del 2019, alrededor de las 16:20, cuando se presentó la salida de operación de las unidades de generación II y III de la central Ínsula debido a la baja presión presentada en las tuberías de carga. Una vez examinado el evento por el ingeniero de turno, se procedió a la revisión de la infraestructura y se identificó una fuga de agua, de cerca 85 litros/s, sobre el muro de soporte del portal de salida del túnel Curazao, que hace parte de la conducción que une el lago La Mira en el municipio de Chinchiná, con las tuberías de carga de la central Ínsula en el municipio de Palestina, Caldas.

Después de hacer la evacuación del agua y de obtener las condiciones de seguridad requeridas, los ingenieros del área de generación en compañía del personal de la aseguradora ingresaron al túnel y detectaron dos fisuras longitudinales, de casi 26 m de longitud y un espesor de hasta 0.04 m, a unos 48 m aguas arriba de la válvula de 98" de tipo mariposa, conocida como válvula de Curazao, como se muestra en la ilustración 5. En las ilustraciones 3 y 4 se indica la ubicación de la falla del túnel y los efectos causados por ella.

Ilustración 3. Localización de la subsidencia en el terreno aledaño al túnel Curazao



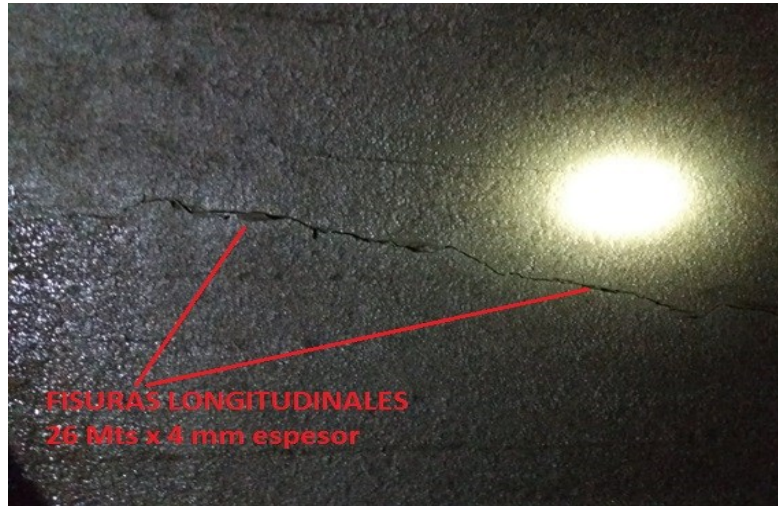
Fuente: fotografía tomada por el personal técnico del área de generación de la empresa

Ilustración 4. Subsidencia encontrada en el terreno aledaño al túnel Curazao



Fuente: fotografía tomada por el personal técnico del área de generación de la empresa

Ilustración 5. Fisuras longitudinales encontradas en el túnel después del evento



Fuente: fotografía tomada por el personal técnico del área de generación de la empresa

Una vez identificada la falla, el área de generación gestionó el estudio y la posible recuperación de esta conducción con la colaboración de personal externo especialista en túneles y la cooperación de las otras áreas de la empresa. Durante cinco meses se ejecutó la recuperación del túnel, junto con los trabajos de oportunidad en el sistema de generación de la central Ínsula, que se llevaron a cabo para aprovechar la salida de operación de dicha central. El 6 de agosto de 2019 se solucionó el evento y la central Ínsula entró en funcionamiento de nuevo.

Este evento movilizó los esfuerzos de toda el área de generación, puesto que su afectación económica perjudicó en forma notable los resultados financieros del negocio. Luego de la finalización del evento no se documentaron los inconvenientes presentados, ni las actividades que podrían ser potencializadas, por su efecto positivo durante el evento. Esta documentación era de importancia pues se pudo haber convertido en una fuente de consultas para futuros proyectos o eventos que se enmarquen en el mismo contexto.

La deficiencia en el registro de la mencionada documentación se presentó debido a la falta de cultura y al desconocimiento de la herramienta y de su utilización por parte del personal, tanto operativo como de ingenieros del área de generación. A lo anterior se sumó que en dicha recuperación participó personal con amplia trayectoria en el área que ya no se encuentra en la empresa, pues cumplió su edad de pensión, al igual que individuos que están cerca de alcanzarla, los que generó así pérdida de conocimiento en el área y un vacío enorme de información para un futuro, que siempre buscará referencias en el pasado.

Las lecciones aprendidas son un activo intangible de las empresas y su documentación permite visualizar los errores del pasado y mejorar el trabajo futuro. Aprender de la experiencia de proyectos anteriores contribuye a disminuir los riesgos, evitar problemas ya identificados y reutilizar las buenas prácticas para reducir el número de proyectos no exitosos (Mejía Chavarriaga, 2016, p. 1).

El negocio de generación debe conocer el concepto de las LA y aplicar una metodología para su registro dada la importancia para el área. Estos registros se convierten en una herramienta crítica para enfrentar un mercado competitivo y cambiante, basado en la innovación y el conocimiento, que puede poner en riesgo el propósito empresarial que tiene fijado la CHEC que, según su modelo de empresa, es la sostenibilidad.

Este trabajo buscó construir las LA durante la contingencia del túnel de Curazao, mediante la aplicación del manual de LA de la OTAN (NATO, 2016) y la metodología de la RDA para el levantamiento de la información.

La recolección de la información necesaria para la investigación se hizo con base en la metodología de LA de la OTAN (NATO, 2016), complementada con el RDA,

descrito muy bien por Martín en la publicación hecha en la página electrónica de la cerem International Business School⁷ en 2016:

Discusión activa que implica a todos los individuos que han participado en el proyecto asociado a un determinado bien y servicio. En ella, el objetivo principal es saber no qué ha ocurrido, sino por qué ha sucedido de una manera determinada (Martín, 2016).

Con lo anterior, se espera construir una fuente de consulta confiable en el área de generación de la CHEC, basada en las experiencias reales que afectaron a la empresa, para que puedan ser consultadas en el futuro en proyectos, procesos o eventos, con el propósito de evitar así repetir los mismos errores ya conocidos y potencializar las buenas prácticas con el fin de alcanzar nuevos objetivos. Asimismo, con la realización de esta investigación se espera consolidar una fuente de consulta abierta de LA para el área de generación de CHEC y presentar una metodología para su construcción mediante la generación de conciencia en el personal y en los directivos para la aplicación de esta buena práctica, de modo que se contribuya a la optimización de actividades en el futuro.

2.4 SECUENCIA DEL EVENTO

A continuación, se detalla, desde el punto de vista cronológico, la secuencia del evento ocurrido en el túnel de Curazao. Esta información tomó como referente el documento *Informe análisis de causa raíz*, elaborado por CHEC.

⁷ Grupo empresarial que inició su actividad en 1977 como consultora empresarial; es la sigla de Consultores Empresariales Reunidos de Madrid S.A. y la entidad se transformó en la cerem Business School.

- **Fecha:** 28 de febrero de 2019 **Hora:** 16:20

Pérdida de flujo de agua para las unidades de generación, registrado por los medidores de flujo de las tuberías de carga de las unidades II y III de la central Ínsula.

Esto se dedujo a partir de la información analizada de los registros de los medidores de flujo.

- **Fecha:** 28 de febrero de 2019 **Hora:** 16:30

El auxiliar técnico 1 de pequeñas centrales hidroeléctricas se comunicó con el profesional 2 de mantenimiento eléctrico e informó sobre la salida de las dos unidades de generación y que había tratado en varias ocasiones iniciar la secuencia de arranque, pero se presentó de manera repetitiva una alarma en el sistema de regulación de velocidad que indicó falla en la frecuencia, lo que impidió entrar las unidades de nuevo en operación.

En vista de lo anterior, a la hora indicada, el operador de turno dio la instrucción de suspender el agua que entregan los aportes al embalse Cameguadua desde las bocatomas Montevideo y Campoalegre.

- **Fecha:** 28 de febrero de 2019 **Hora:** 17:30

El profesional 2 de mantenimiento eléctrico solicitó al profesional 2 de operación ingresar a la central Ínsula para revisar lo que podría estar ocurriendo. El profesional 2 de operación, al llegar a la central Ínsula, solicitó al auxiliar técnico 1, operador de la central, dar una secuencia de arranque a la unidad III que, al llegar a la velocidad nominal, pocos segundos después dicha velocidad disminuyó y se indicó de nuevo una falla en la frecuencia.

Se hizo de nuevo una secuencia de arranque de la unidad III, en la que alcanzó la velocidad nominal y luego se cerró el interruptor de excitación de la máquina, pero otra vez la velocidad disminuyó.

Se verificó en el despliegue de la IHM (*interaction human machine*), del control de unidad, la medida de presión aguas arriba de la tubería de carga y en ella se constató que ésta se encontraba en 8 bares, que es una medida por debajo de su presión de trabajo, si se tiene como referencia que la presión normal de operación es 12 bares.

- **Fecha: 28 de febrero de 2019 Hora: 18:30**

El profesional 2 de operación y el operador del siguiente turno en la central Ínsula decidieron revisar la conducción aguas arriba de dicha central. En el sector de la almenara hay unas válvulas de aireación, que indicaron que la tubería estaba sin agua. En una ubicación a 100 metros más arriba de la almenara hay otras válvulas de aireación y se confirmó que la tubería estaba sin agua.

Se concluyó que era posible que dicho fenómeno se debiera a un cierre de la válvula de mariposa en Curazao, ubicada aguas arriba de la planta, a la salida del túnel de Curazao.

- **Fecha: 28 de febrero de 2019 Hora: 19:00**

El profesional 2 de operación se comunicó con el profesional 2 de mantenimiento eléctrico y le informó sobre lo encontrado en las inspecciones. Dada dicha información, se coordinó con el personal asistencial de mantenimiento mecánico y eléctrico el desplazamiento al sitio para realizar la inspección y la revisión del estado de la válvula de mariposa en Curazao.

- **Fecha:** 28 de febrero de 2019 **Hora:** 20:00

El grupo de tecnólogos llegó al sitio en el que está ubicada la válvula de mariposa, encontraron el mecanismo de accionamiento de la válvula en posición de cierre, esto es, en la posición de la contrapesa y el vástago del sistema de accionamiento de la válvula actuado, y advierten un sonido de agua que corría. Se evidenció un afloramiento de agua sobre el muro de soporte del portal de salida del túnel Curazao ubicado aguas arriba de la caseta de la válvula de 98", como se indica en la ilustración 6.

Ilustración 6. Afloramiento de agua en muro de soporte a la salida del túnel Curazao



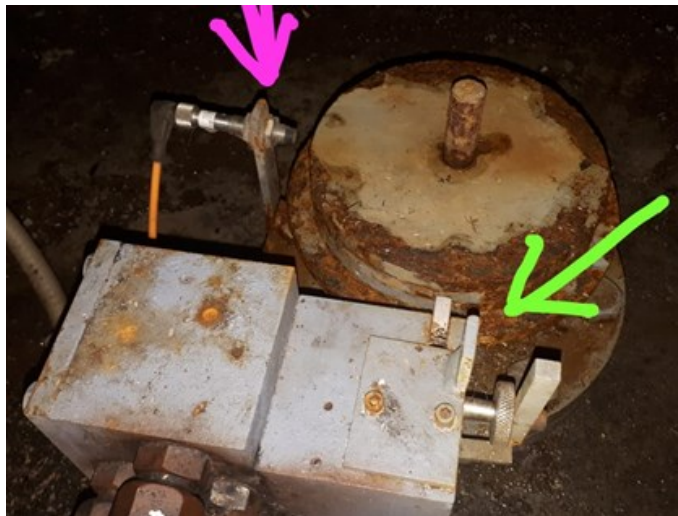
Fuente: fotografía tomada por el personal técnico del área de generación de la empresa

- **Fecha:** 28 de febrero de 2019 **Hora:** 21:00

El grupo de tecnólogos también advirtió un ruido fuerte que venía de la caseta de control de la válvula de mariposa y encontraron que la bobina asociada con la

electroválvula de accionamiento de cierre de la válvula de mariposa estaba energizada y la electroválvula conmutada. Revisaron el dispositivo mecánico de sobrevelocidad y lo encontraron actuado; cuando esto ocurre, existe un desplazamiento mecánico positivo que activa una señal eléctrica del sistema de control para el cierre de la válvula de mariposa (ver Ilustración 7). Procedieron a rearmarlo para normalizar el sistema de accionamiento y poder abrir la válvula de mariposa.

Ilustración 7. Dispositivo de sobrevelocidad actuado después del evento



Fuente: fotografía tomada por el personal técnico del área de generación de la empresa

- **Fecha:** 28 de febrero de 2019 **Hora:** 22:00

Encontraron que, a pesar de rearmar el dispositivo mecánico de sobrevelocidad, el sistema no se normalizó, es decir, al pulsar abrir válvula de mariposa no operó a la apertura.

La bobina asociada con la electroválvula de accionamiento de cierre de la válvula mariposa continuó energizada. Se procedió a retirar la bobina que hace conmutar

la electroválvula para inhibir la orden de cierre con el fin de hacer el procedimiento de apertura de la válvula de mariposa.

- **Fecha: 28 de febrero de 2019 Hora: 23:00**

Se reportó que la válvula de Curazao estaba abierta. La instrucción de suspensión de las bocatomas que aportan al embalse Cameguadua se mantuvo. Se hizo la operación de apertura de la salida del fondo del lago sur del embalse para mitigar el exceso de agua que estaba llegando al embalse. Las unidades de generación de la central se encontraban fuera de operación, con las válvulas de admisión cerradas.

La secuencia anterior detalla el paso a paso de la falla presentada, hasta llegar a la identificación de la causa de la salida de las unidades II y III. A partir de lo indicado, a las 23:00 se comenzó la etapa de recuperación, en la que fue necesario esperar unos días para obtener las condiciones de seguridad óptimas para el ingreso de personal al túnel.

Fue indispensable contactar a personal externo especialista en túneles para la revisión y el análisis de la causa de la falla del túnel. Una vez determinado el inconveniente, se procedió a la contratación para poner en servicio esta infraestructura con personal contratista y con el apoyo de las diferentes áreas de la empresa.

2.5 Justificación del trabajo de grado en términos de la maestría

La gestión de proyectos en el mundo está documentada por ciertos estándares internacionales que buscan alcanzar los resultados óptimos en la ejecución de los

proyectos. La guía del *PMBOK*[®] (PMI, 2017), Prince2⁸ e ICB⁹ son algunos de los estándares más utilizados en la dirección de los proyectos, que, en sus procesos, sus niveles y sus elementos, tienen como factor común las LA.

Para el caso colombiano, de manera más específica para el plan de trabajo de la maestría, se optó por la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos o guía del *PMBOK*[®] (PMI, 2017), que, junto con las herramientas necesarias para el desarrollo de habilidades para la dirección de proyectos, tiene, en el desarrollo de las áreas del conocimiento el registro de las LA. Esta información es clave, no solo para el desarrollo del proyecto en curso, sino también para futuros proyectos, puesto que construye un canal de comunicación entre los conocedores o los participantes de un proyecto y las personas que pueden beneficiarse de ellos.

Es beneficioso contribuir al impulso de la cultura de la dirección de proyectos con base en el plan de estudios, las herramientas y los conocimientos impartidos en la maestría con el fin de llevar a la práctica los desarrollos con la participación de las empresas, lo que aporta no solo a la parte organizacional con mejores rendimientos, sino también a los estudiantes que desarrollan el conocimiento académico fruto en las investigaciones realizadas como requisito de grado.

3 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

En los siguientes numerales se exponen los objetivos general y específicos del trabajo de investigación, que se convirtieron en la guía referente para poder obtener el producto final esperado.

⁸ PRINCE2: siglas de Projects in Controlled Environments, que es un estándar de dirección de proyectos desarrollado por la Office of Government Commerce (OGC) y es el estándar líder en el Reino Unido.

⁹ ICB: siglas de IPMA Competence Baseline, que es el estándar en gestión de proyectos desarrollado por el IPMA (International Project Management Association), de origen suizo.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Construir las lecciones aprendidas ocurridas durante la contingencia del túnel de Curazao en la central Ínsula, de propiedad CHEC, en el año 2019, al tomar como referencia el manual de LA de la OTAN (NATO, 2016), complementado con la metodología de la revisión después de la acción para la consolidación de una fuente de consulta abierta para el personal de la empresa y para otras del sector de energía.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las acciones realizadas por la CHEC durante la falla y la recuperación del túnel de Curazao.
- Elaborar un modelo metodológico basado en el manual de LA de la OTAN (NATO, 2016), complementado con el proceso de revisión después de la acción (RDA) y la metodología propuesta por Coquillat de Travesedo (2014).
- Reconocer las lecciones aprendidas a partir del caso de la falla y la recuperación del túnel de Curazao.

4 MARCO DE REFERENCIA CONCEPTUAL

A continuación, se presenta una contextualización de las metodologías por utilizar en el trabajo de investigación, para darle al lector mayores claridades en cuanto a la comprensión del desarrollo del documento y el entendimiento de los resultados.

4.1 LECCIONES APRENDIDAS (LA)

Las enseñanzas que se pueden generar de los hechos ocurridos, mediante la observación y el análisis, se convierten en información de consulta y aplicación

importante en un futuro. El Ejército de los Estados Unidos de América, mediante el Center for Army Lessons Learned o CALL, implementó este método con el fin de mejorar sus estrategias y logísticas para futuras operaciones, desde la década de los setenta, que están centradas en la “extracción de enseñanzas para el futuro, a partir de experiencias observadas y sistematizadas en las que se desarrolla una sinergia de capacidades, históricas, analíticas y documentales, en torno a ese conocimiento depurado” (Navarro Bonilla, 2012, p. 66). Por dicho motivo, de las deducciones artificiosas nunca surgirá la historia militar, pues se basa en hechos reales, observados en batallas pasadas y analizadas con criterio, para que con su aplicación se pueda asegurar el triunfo en operaciones futuras.

De igual forma, instituciones internacionales, como el PMI, con el *PMBOK*[®] (PMI, 2017), en su sexta edición, definió las LA como el “conocimiento adquirido durante un proyecto que muestra cómo se abordaron o deberían abordarse los eventos del proyecto, a fin de mejorar el desempeño a futuro”. (PMI, 2017, p. 715). Asimismo, la identificación y el registro de las mencionadas experiencias pueden ser documentadas en cualquier etapa del proyecto. También se definen las LA como la adquisición de conocimiento mediante experiencias exitosas o desaciertos (Díaz et al., 2015). Esta última posibilidad fue la que permitió llevar a cabo la presente investigación.

Dichas lecciones permiten la recolección de información de vital importancia, para compartir y usar el conocimiento derivado de ella, con el fin de promover la recurrencia de experiencias positivas, que aportarán al crecimiento o a la reducción de eventos no deseados, para evitar pérdidas en la organización en futuros proyectos (Centers for Disease Control and Prevention, 2006).

Como indicó San Miguel (2011), las LA no son solo la observación, la perspicacia y la lección de un sistema, porque incluye su aplicación a la doctrina castrense, la organización, el entrenamiento, material, el liderazgo, la educación, el personal y

las instalaciones, si se alude a la aplicación de las LA en el Ejército de los Estados Unidos de América. En otras palabras, no solo es importante la recolección de las LA, sino también su aplicación en las empresas o en el campo en el que se estén identificando, pues así se logrará el desarrollo de una mejora continua, punto fundamental de la aplicación de la metodología.

El PMI se cuestionó respecto de la información que se debe recoger durante un proyecto y de cómo esta documentación quedará disponible para futuros proyectos (PMI, 2017, p. 74), por lo que el desarrollo de este método está compuesto por varios procesos, como son:

- Identificación de LA aplicables.
- Documentación.
- Archivo o almacenamiento.
- Distribución al personal apropiado.
- Identificación de acciones por implementar.
- Seguimiento.

La práctica más utilizada, para la construcción de LA es por medio de preguntas planteadas al personal involucrado en el evento en estudio. De las respuestas a dichas preguntas se obtendrá información importante para su clasificación y su evaluación. Además de la información correspondiente al evento, se deberá registrar la proveniente de las fuentes consultadas, es decir, de los entrevistados, pues de igual forma quedarán como testigos consultables para la aclaración o para la participación en el futuro.

Respecto al tema de proyectos, se utilizan ciertas actividades en el proceso de identificación para la recolección de la información. Algunas actividades pueden ser las reuniones en las que participa el personal involucrado, visitas de campo,

proyectos anteriores, revisión documental, talleres, análisis de causa raíz y juicio de expertos, entre otras.

4.2 MANUAL DE LECCIONES APRENDIDAS DE LA OTAN

La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) tuvo sus orígenes en la firma del tratado de Washington de 1949, mediante el que diez países de ambos lados del Atlántico (Bélgica, Canadá, Dinamarca, Estados Unidos, Francia, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal y Reino Unido) se comprometieron a defenderse mutuamente en caso de agresión armada contra cualquiera de ellos.

Así nació una alianza que vinculaba la defensa de América del Norte con un conjunto de países de Europa Occidental sobre la base del artículo 51 (capítulo VII) de la Carta de Naciones Unidas, que reconoce el derecho inmanente de legítima defensa, individual o colectiva, en caso de ataque armado. Para mayor información sobre la OTAN se recomienda consultar Gobierno de España, Ministerio de Asuntos Exteriores, Europa y Cooperación (España, 2015).

La OTAN, conocida también como la alianza atlántica, se fundamenta en dos puntos básicos, que son:

- **Político:** la OTAN promueve valores democráticos y les permite a los miembros consultar y cooperar en asuntos relacionados con la defensa y la seguridad para resolver problemas, generar confianza y, a la larga, prevenir conflictos.
- **Militar:** la OTAN está comprometida con la resolución pacífica de disputas. Si los esfuerzos diplomáticos fracasan, tiene el poder militar para emprender operaciones de gestión de crisis, que se llevan a cabo de acuerdo con la cláusula de defensa colectiva del tratado fundacional de la OTAN: el artículo 5 del Tratado

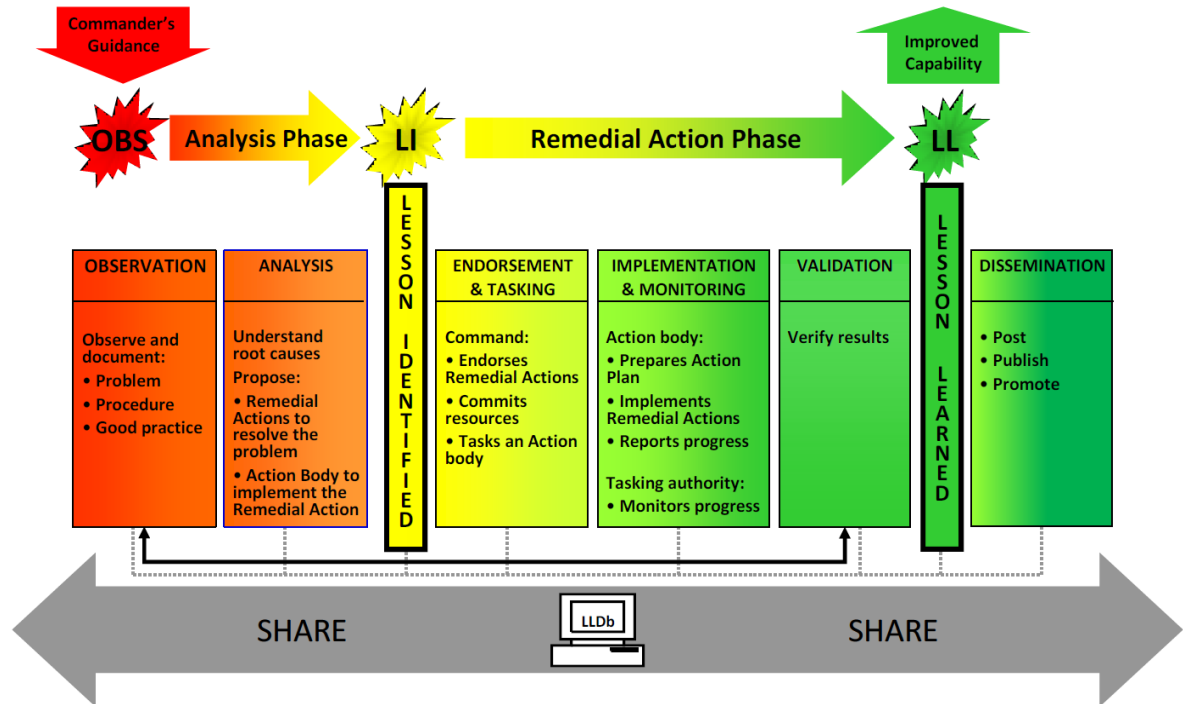
de Washington, o según un mandato de las Naciones Unidas, solo o en cooperación con otros países y organizaciones internacionales. Para mayor información se puede consultar NATO (s.f.).

Entre los procedimientos construidos desde sus inicios, la OTAN ha buscado un mejoramiento continuo enfocado hacia las operaciones militares (fuerzas armadas de tierra, mar y aire), con el propósito de buscar optimizar sus operaciones con base en los múltiples episodios bélicos presentados en el continente africano y en algunos países europeos y asiáticos. Para responder a este requerimiento, se conformó el Joint Analysis and Lessons Learned Centre o JALLC, que consolidó un manual de LA que se aplica en toda la estructura de la OTAN y cuya última versión se publicó en febrero del año 2016.

Dicho manual hace una detallada explicación del proceso propuesto para levantar las LA (ver Ilustración 8). Este proceso parte de una observación, un procedimiento o una buena práctica identificada que está afectando las operaciones militares. El siguiente paso es el análisis de lo identificado, con la mira de buscar la causa raíz que lo originó y su acción correctiva que asegure la solución de la observación. Se deberá determinar el personal al que se le encargará la ejecución de la acción correctiva, para poder clasificarla como una lección identificada (LI).

Una vez obtenida la LI con su causa raíz, su acción correctiva y el recurso asignado, se deberá presentar ante los líderes de la organización (para el caso sería la OTAN) para que definan cómo continuará el proceso de LA. Con la aprobación de los líderes se revisan su acción correctiva y el recurso necesario para ver si necesita modificaciones, de tal modo que se logre así el nombramiento de un cuerpo de acción, que es el personal encargado de la implementación de la acción correctiva asignada en asociación con una lección identificada. El cuerpo de acción desarrolla un plan de acción para guiar las actividades de acción correctiva (NATO, 2016).

Ilustración 8. Proceso de lecciones aprendidas de la OTAN



Fuente: NATO (2016, p. 11)

Los pasos siguientes son la implementación y el monitoreo, que consisten en la elaboración y la ejecución de un plan de acción, al que se le deberá medir y documentar su progreso con el fin de verificar que esté corrigiendo la observación inicial mediante una validación de los resultados. Una vez cumplido lo anterior, se tendría una lección aprendida. Lo siguiente es la socialización con todo el personal para que sea aplicada en futuras ocasiones.

4.2.1 Restricciones y limitantes

Para el caso del presente trabajo, se abordó el mencionado proceso hasta el punto de la aprobación y la asignación de tareas (*endorsement & tasking*), debido a que la implementación y el seguimiento de las acciones correctivas no están dentro del

alcance de esta investigación, además requiere tiempo y recursos razonables para poder tener resultados de dicha labor, recursos que no están al alcance del investigador. Sin embargo, las LI se tomaron como aprendidas puesto que se levantarán, se analizarán, se buscará en cada caso la causa raíz, se planteará una acción correctiva y se propondrá un cuerpo de trabajo según el criterio del investigador y de profesionales del área de generación que participaron en el análisis, para luego documentarlas y dejarlas como una fuente de consulta abierta para el área de generación de la empresa para acciones futuras.

La implementación de las acciones correctivas se convierte en proyectos independientes, que deberán adelantarse a criterio de los directivos del área, con base en los recursos disponibles y en el cronograma de trabajo necesario.

4.3 REVISIÓN DESPUÉS DE LA ACCIÓN (RDA)

En los años setenta, el Ejército de los Estados Unidos de América adoptó como método primario para la recolección de información la revisión después de la acción (RDA), conocida en muchas partes como AAR (*after action review*), por sus siglas en inglés.

Todo nació por la observación de los ejercicios operacionales del Ejército de los Estados Unidos de América en campo, en los que fueron evaluados por jueces mal equipados y con una posición deficiente para observar el desempeño (Morrison y Meliza, 1999). Hoy día, dicho ejército entrena con tecnología de avanzada con la que no solo se puede medir su rendimiento con base en indicadores o registros, sino que también permite hacer el análisis correspondiente para obtener una mejora continua.

Al ver los resultados obtenidos por la implementación de la metodología de la RDA, su uso se masificó en el mundo, con inclusión de sectores diferentes a la milicia

como son el económico, el empresarial, el social e, incluso, el político, de modo que se ha convertido en una referencia para la recolección de información.

El método consiste en la reflexión y el aprendizaje, de manera colectiva o particular, con el fin de buscar la mejora continua para garantizar, en el futuro, resultados óptimos mediante prácticas que pueden ser identificadas y que entregarán información útil para futuros trabajos. El objetivo perseguido por la metodología es cuestionarse por qué ha sucedido determinado asunto, es decir, la finalidad es buscar la respuesta a la pregunta del por qué o para qué. Una RDA se lleva a cabo a través de una discusión dinámica y estructurada entre los miembros del equipo, incluidos los socios y los clientes, según corresponda. Durante esta discusión, las experiencias y las actividades se analizan en función de las expectativas y los resultados alcanzados (IDB, 2012, p. 2). Las preguntas propuestas la entidad son:

- ¿Qué pasó y por qué?
- ¿Qué funcionó bien?
- ¿Qué pudo haber sido diferente?
- ¿Cuáles son los principales aprendizajes y recomendaciones?

Con el fin de complementar el manual de LA de la OTAN (NATO, 2016) se adoptó la RDA como medio de indagación para el levantamiento de la información que pudiera, de manera un poco más asociada con el evento presentado en la central Ínsula, aportar a la construcción de las observaciones por analizar.

Para el caso en estudio las preguntas propuestas por el IDB (2012) se acondicionaron a la investigación efectuada y quedaron como preguntas iniciales las siguientes:

- ¿Cómo participó en el caso de estudio?: resumen de su participación en él.
- ¿Qué esperaba que sucediera?: breve descripción de lo propuesto.

- ¿Qué sucedió en realidad?: identificar hitos y construir línea de tiempo, con identificación de causas y soluciones.
- ¿Qué se puede aprender o mejorar?: análisis de momentos críticos.

5 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A continuación, se describe la metodología que se desarrolló durante el proceso de investigación del trabajo.

5.1 TIPOS DE ESTUDIO Y DE DISEÑO

La investigación hace referencia a la construcción de las LA durante la recuperación del evento del túnel de Curazao. Lo anterior llevó a un acercamiento al concepto de las LA que, hasta el día de hoy, no se ha ejecutado en el área de generación de la CHEC.

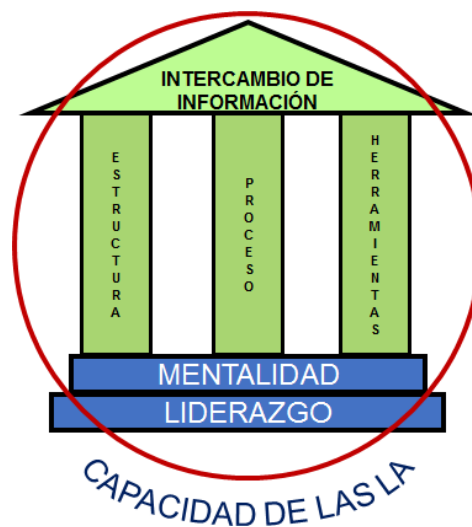
Por tal razón, fue necesario efectuar, en primera instancia, un estudio exploratorio que permitió familiarizarse con el tema de las lecciones aprendidas en cuanto a su significado, su consolidación y su uso, puesto que, de cierta forma, para el área de generación su implementación es desconocida. Con la familiarización de este concepto se dispuso de un punto de partida inicial, que sirvió para profundizar más en el tema y así comprender las causas y las consecuencias, lo que permitió dar el primer paso para la búsqueda de las lecciones aprendidas sobre la recuperación del túnel.

En segunda instancia, se acudió al estudio descriptivo para buscar, como su nombre lo indica, describir el evento del siniestro del túnel. Esto permitió definir la recolección de información y la selección de los actores a los que se acudió, lo que permitió profundizar más en las características de mayor relevancia de la gestión alrededor de la recuperación del túnel y del personal y de las áreas de la empresa involucradas en ella. Esta descripción se basó en las respuestas a las entrevistas

para levantar la información concerniente a la recuperación del siniestro para, con base en ellas, hacer el análisis requerido para formular las LA, que, a su vez, puedan ser utilizadas por personas de la empresa siempre y cuando se tengan las mismas condicionantes o el mismo contexto al evento estudiado en la investigación.

El diseño está establecido por la OTAN en el manual de lecciones aprendidas (NATO, 2016), como se indica en la siguiente ilustración:

Ilustración 9. Capacidad de las lecciones aprendidas¹⁰



Fuente: NATO (2016, p. 9)

Este diseño partió de unas bases como son la mentalidad, que hace referencia a incorporar aprendizaje de otros en todos los aspectos de trabajo, y el liderazgo, que, si es oportuno y efectivo, genera decisiones realizadas a través del proceso de LA. Sobre dichas bases se erigen tres pilares que soportan el intercambio de información como cubierta que representa el sentido del diseño. El primer pilar es la estructura, que es el personal dedicado a las publicaciones de las LA en organización, el segundo es el proceso, que muestra un procedimiento común para la gestión y el desarrollo de las LA, y, por último, el tercero hace referencia a las

¹⁰ Traducción propia.

herramientas para el soporte de la recolección, el almacenamiento y la divulgación de la información de las LA (NATO, 2016, P. 10).

Se utilizó la metodología de la revisión después de la acción para poder estructurar las preguntas y consolidar la información, fuente de este trabajo. Del mismo modo, se utilizó la metodología propuesta por Coquillat de Travesedo (2014) para poder clasificar las lecciones aprendidas en las áreas del conocimiento o los grupos de proceso indicados en el *PMBOK*[®] (PMI, 2017). Asimismo, se utilizó el diagrama de Ishikawa para poder hacer el análisis de causa raíz de cada una de las observaciones encontradas, con el fin de poder así sugerir las acciones correctivas necesarias, al igual que el cuerpo de acción al que se le encomendará la gestión de la acción correctiva.

Por lo anterior, se tomaron como lecciones aprendidas las 23 observaciones identificadas a las que se les hicieron la documentación y el análisis, indicadas en la Tabla 10.

5.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para el levantamiento de la información de este trabajo se utilizó la entrevista semiestructurada, que sirvió como guía para poder obtener la mayor información posible y que permitió ser flexible para buscar profundizar en las mismas preguntas o para plantear unas nuevas a lo largo de la entrevista. Esto se justificó puesto que no se tiene registro de los hechos ocurridos durante la recuperación del túnel, por lo que de una pregunta se pueden desprender otras, que se pueden complementar o llevar a la captura de nueva información. Las preguntas se tomaron en el inicio de la metodología de la revisión después de la acción y luego de la aplicación de las entrevistas piloto se modificaron porque se buscaba que cubrieran todo el espectro

de la recuperación del túnel. En la Tabla 3 se presentan las modificaciones efectuadas.

El levantamiento de la información partió de las entrevistas piloto que se realizaron a cuatro integrantes del área de generación y las grabaciones de estas entrevistas tienen una duración de dos horas y 45 minutos. Después del análisis de la información recopilada en las respuestas a las entrevistas piloto se aplicaron las nuevas preguntas a cinco integrantes del área de generación y a un integrante del área de proyectos, que tuvieron una duración de cuatro horas y 45 minutos. En total se realizaron diez entrevistas el trabajo, de las que cuatro fueron pilotos y seis finales, con una duración del total de entrevistas de siete horas y 30 minutos. Como se indica en la Tabla 4. No se programaron más entrevistas pues se alcanzó un punto de saturación de la información.

Para mejor comprensión y orden de este trabajo, las entrevistas realizadas se codificaron con códigos compuestos por tres componentes. La primera correspondió a la letra E y números consecutivos que representan el número de la entrevista (E1 = entrevista número 1), en la segunda se utilizaron las iniciales de los nombres y apellidos de la persona entrevistada y la última correspondió a una letra, que puede ser P o F, para piloto o fina, en su orden. La codificación final, con el área correspondiente, la fecha y la duración de las entrevistas, se presenta en la Tabla 4, la estructuración de las preguntas en la Tabla 3 y la revisión documental en la Tabla 5.

Tabla 3. Estructuración de las preguntas

Preguntas Iniciales	Preguntas realizadas	Nuevas Preguntas	Nuevas preguntas revisadas
¿Cómo participó del caso de estudio?	<p>¿Cuál fue su participación durante el evento del túnel de curazao?</p> <p>¿Hay algún plan de contingencia, como tal para un evento como este?</p> <p>¿Ustedes tienen algún protocolo para este tipo de emergencias, o algo?</p> <p>¿Debió haber sido planeación el que hubiera estructurado la atención de este siniestro?</p>	<p>¿Qué procedimientos operacionales se aplican en la empresa para un evento como el presentado?</p> <p>¿Qué personal interviene en el análisis inicial de estos eventos antes de su atención?</p> <p>¿Cómo se analizan inicialmente estos eventos para su atención?</p> <p>¿Qué herramientas y/o metodologías se incorporan para el análisis de estos eventos?</p>	<p>¿Existe un protocolo en la empresa para la atención de un siniestro?</p> <p>¿Por qué no existe?</p> <p>¿Quiénes participan, y por que y que metodología de intervención tienen y como se interviene el problema?</p>
¿Qué esperaba que sucediera?	<p>¿Qué esperabas que se realizaría, que sucediera, que se gestionará para salir, para sacar el antes de la reparación?</p> <p>¿Los contratos que se hubieran demorado cuatro meses, los contrato la parte de aseguradora?</p> <p>¿Por qué son tan importantes esos mantenimientos de oportunidad?</p> <p>¿Quién hizo el seguimiento y control a los trabajos realizados?</p> <p>¿De los trabajos quedo alguna documentación?, ¿algunos registros?</p>	<p>¿Qué tipo de planeación se requiere para la atención de este evento?</p> <p>¿Qué equipo se debe designar para la atención y seguimiento de este evento?</p> <p>¿Es requerido personal externo a la organización para la atención de este evento?</p> <p>¿Cómo se debe atender esta contingencia, teniendo presente las preexistencias ya identificadas en la infraestructura asociada al evento?</p>	<p>¿Qué tipo de planeación se requiere para la atención de este evento?</p> <p>¿Cómo conformar un equipo adecuado para atender esta situación?</p> <p>¿Cómo se debería atender esta contingencia, desde su punto de vista?</p>
¿Qué sucedió en realidad?	<p>¿Qué fue lo que realmente ocurrió?</p> <p>¿Porque no se realizó bien un cronograma para las actividades de oportunidad?</p> <p>¿Qué causas originaron de que se presentaran brechas?</p> <p>¿Qué diferencias encontró de lo que se esperaba a lo que a lo que realmente sucedió?</p> <p>¿En esta contingencia hubo una persona que fungirá como líder de proyecto?</p>	<p>¿Cómo se cumplieron los procedimientos existentes para la atención de este evento?</p> <p>¿Cómo se cumplió con la planeación resultante del análisis inicial que se hizo al evento?</p> <p>¿Cómo se planifico la comunicación para la atención y el seguimiento y control de este evento?</p> <p>¿Cómo estaba conformado los comités resultantes del análisis inicial que se hizo al evento?</p> <p>¿Con qué recursos se atendió el evento?</p> <p>¿Cómo se realizó la gestión de la información del evento?</p> <p>¿Cómo se atendieron los cambios resultantes del seguimiento y control realizado?</p> <p>¿Qué actividades socioambientales se realizaron en este evento?</p> <p>¿Qué apoyo se recibió por parte de las áreas habilitadoras de la empresa?</p>	<p>¿Cómo se cumplieron los procedimientos para la atención de este evento?</p> <p>¿Cómo se cumplió la planeación inicial?</p> <p>¿Cómo se planifico la comunicación para los diferentes grupos de interés?</p> <p>¿Bajo qué criterios y como se conformaron los comités de seguimiento?</p> <p>¿El personal que tenía la compañía fue suficiente para atender el siniestro, que se hizo al respecto?</p> <p>¿Qué contingencias hubo en el desarrollo de este siniestro y como se resolvieron?</p> <p>¿Qué elementos de la discusión surgieron por el tema socioambiental?</p> <p>¿Qué papel cumplieron las áreas de apoyo en el siniestro?</p>
Identificación de causas y soluciones	<p>¿Cuál cree que son las causas dela ocurrencia de los impases presentados durante la recuperación?</p>	<p>¿Cuáles son las causas que generaron los problemas identificados anteriormente?</p> <p>¿Cuáles pueden ser las soluciones, para evitar que se presenten los mismos inconvenientes a futuro?</p> <p>¿Qué fuentes de información se utilizaron para el análisis y atención del evento?</p> <p>¿Cómo se puede abordar la gestión de la información en el área?</p>	<p>¿Cuáles son las causas que generaron los problemas identificados anteriormente?</p>
Soluciones			<p>¿Cuáles pueden ser las soluciones, para evitar que se presenten los mismos inconvenientes a futuro?</p> <p>¿Cuáles son las soluciones o alternativas de solución que plantearía usted?</p>
¿Qué podemos aprender o mejorar?	<p>¿Qué aprendimos de este siniestro?</p> <p>¿Qué podemos mejorar para futuros eventos?</p> <p>¿Se logró tener buena comunicación con la comunidad?</p> <p>¿Qué otra situación cree que podamos mejorar?</p> <p>¿Qué podemos aprender de esta situación?</p> <p>¿Qué podemos mejorar respecto a lo que sucedió?</p> <p>¿Qué otra información se te ocurre que nos pueda complementar esa entrevista?</p>	<p>¿Cómo debe intervenir el equipo de trabajo de planificación para el análisis, atención y seguimiento de este evento?</p> <p>¿Es de conocimientos del área de generación los sistemas de contratación que se pueden aplicar en este tipo de eventos?</p> <p>¿Se ha socializado con el personal del área los requisitos y/o beneficios que se tienen con las pólizas de la compañía aseguradora?</p> <p>¿Qué se aprendió de la gestión socioambiental en este evento?</p> <p>¿Cómo se analizaron los recursos necesarios para la atención del evento?</p>	<p>¿Cuál es el aprendizaje que surge de este siniestro para la empresa?</p>

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Entrevistas realizadas

Código	Cargo	Área	Fecha entrevista	Duración entrevista
E1-LAVC-P	Líder Equipo de Trabajo Pequeñas Centrales	Generación de Energía	05/12/2019	00:57:07
E2-NSAR-P	Profesional Equipo de Trabajo Socioambiental	Generación de Energía	06/12/2019	01:01:48
E3-CHS-P	Profesional Equipo de Trabajo de Mantenimiento Eléctrico y Civil	Generación de Energía	27/01/2020	00:19:10
E4-VRL-P	Profesional Equipo de Trabajo de Mantenimiento Eléctrico y Civil	Generación de Energía	29/01/2020	00:27:28
E5-CIHZ-F	Profesional Equipo de Trabajo de Mantenimiento Eléctrico y Civil	Generación de Energía	07/04/2020	00:52:08
E6-MLOL-F	Líder Equipo de Trabajo de Mantenimiento Eléctrico y Civil	Generación de Energía	07/04/2020	00:48:22
E7-NCO-F	Líder Equipo de Trabajo Operación Generación	Generación de Energía	08/04/2020	00:41:49
E8-JCPR-F	Jefe de Área	Generación de Energía	08/04/2020	00:44:50
E9-IDPJ-F	Líder Equipo de Trabajo Ingeniería	Proyectos	16/04/2020	00:57:05
E10-JLP-F	Profesional Equipo de Trabajo Planificación	Generación de Energía	16/04/2020	00:41:08
			Total	7:30:55

Fuente: elaboración propia

La revisión documental fue un complemento para la investigación, que partió de un registro de hechos presentados que permitió disponer de información adicional que confirma o niega la validez de las hipótesis expuestas en una investigación determinada. Para el presente trabajo se buscó complementar la información recopilada mediante la totalidad de las respuestas a las entrevistas aplicadas, para lo que se revisaron las actas de seguimiento que se elaboraron durante el período de recuperación del túnel de Curazao. En la Tabla 5 se presenta una síntesis de las nueve actas consultadas. No se tuvo acceso al acta N° 4, por lo que no aparece en la tabla.

Tabla 5. Revisión documental de las actas de seguimiento

No. acta	Fecha	Asistentes	Contenido
1	04/06/2019	Líder equipo de trabajo operación generación	* Se esbozan las estructuras de reclamación ante la compañía de seguros y recuperación técnica * gestión de las cuentas de cobro obras de recuperación * Canal de comunicaciones * Se establecen compromisos
		Líder equipo de trabajo pequeñas centrales	
		Asistente equipo de trabajo planificación	
		Contratista civil	
		Profesional auditoría	
Jefe área generación			
2	07/06/2019	Jefe área generación	* Revisión compromisos acta anterior y seguimiento compromisos * Seguimiento avances obras técnicas recuperación túnel * Seguimiento avance obras de mejoramiento (trabajos de oportunidad) * Seguimiento avances gestión cuentas de costo y gasto recuperación * Seguimiento avances gestión cuentas comerciales de lucro cesante y cargo por confiabilidad * Avances con la compañía de seguros * Metodología y presentación para la gerencia * Se establecen compromisos
		Líder equipo de trabajo operación generación	
		Líder equipo de trabajo pequeñas centrales	
		Líder equipo de trabajo planificación	
		Asistente equipo de trabajo planificación	
		Contratista civil	
		Profesional proceso de seguros	
Profesional auditoría			
3	14/06/2019	Jefe área generación	* Revisión acta anterior y seguimiento compromisos * Seguimiento avances obras técnicas recuperación túnel * Seguimiento avance obras de mejoramiento (trabajos de oportunidad) * Seguimiento avances gestión cuentas de costo y gasto recuperación * Seguimiento avances gestión cuentas comerciales de lucro cesante y cargo por confiabilidad * Avances con la compañía de seguros * Se establecen compromisos * Se anexa diagrama de Gantt para la recuperación del túnel de curazao * Se Anexa informe cronológico del siniestro en conducción curazao cameguadua-Ínsula
		Líder equipo de trabajo operación generación	
		Líder equipo de trabajo pequeñas centrales	
		Líder equipo de trabajo planificación	
		Profesional pequeñas centrales	
		Asistente equipo de trabajo planificación	
		Contratista civil	
		Profesional equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	
		Profesional equipo de trabajo planificación	
		Líder equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	
		Profesional proceso de seguros	
Profesional auditoría			
5	28/06/2019	Líder equipo de trabajo operación generación	* Revisión acta anterior y seguimiento compromisos * Seguimiento avances obras técnicas recuperación túnel * Seguimiento avance obras de mejoramiento (trabajos de oportunidad) * Seguimiento avance obras de mantenimiento * Seguimiento avances gestión cuentas de costo y gasto recuperación * Seguimiento avances gestión cuentas comerciales de lucro cesante y cargo por confiabilidad * Seguimiento avance gestión social y ambiental * Avances con la compañía de seguros * Se establecen compromisos * Se anexa diagrama de Gantt para la recuperación del túnel de curazao actualizado
		Líder equipo de trabajo pequeñas centrales	
		Líder equipo de trabajo planificación	
		Profesional pequeñas centrales	
		Asistente equipo de trabajo planificación	
		Contratista civil	
		Líder equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	
		Profesional proceso de seguros	
		Profesional equipo de trabajo socioambiental	
		Corredor Willis Colombia	
Profesional auditoría			
6	05/07/2019	Jefe área generación	* Revisión acta anterior y seguimiento compromisos * Seguimiento avances obras técnicas recuperación túnel * Seguimiento avance obras de mejoramiento (trabajos de oportunidad) * Seguimiento avance obras de mantenimiento * Seguimiento avances gestión cuentas de costo y gasto recuperación * Seguimiento avances gestión cuentas comerciales de lucro cesante y cargo por confiabilidad * Seguimiento avance gestión social y ambiental * Avances con la compañía de seguros * Se establecen compromisos * Se anexa diagrama de Gantt para la recuperación del túnel de curazao actualizado * Se programa la exposición ante gerencia de los avances en la recuperación
		Líder equipo de trabajo operación generación	
		Líder equipo de trabajo pequeñas centrales	
		Líder equipo de trabajo planificación	
		Profesional pequeñas centrales	
		Asistente equipo de trabajo planificación	
		Contratista civil	
		Profesional equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	
		Líder equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	
		Profesional proceso de seguros	
		Corredor Willis Colombia	
Profesional auditoría			

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Revisión documental de las actas de seguimiento (continuación)

No. acta	Fecha	Asistentes	Contenido
7	19/07/2019	Jefe área generación	* Revisión acta anterior y seguimiento compromisos * Seguimiento avances obras técnicas recuperación túnel * Seguimiento avance obras de mantenimiento * Seguimiento avance obras de mejoramiento (trabajos de oportunidad) * Seguimiento avances gestión cuentas de costo y gasto recuperación * Seguimiento avances gestión cuentas comerciales de lucro cesante y cargo por confiabilidad * Seguimiento avance gestión social y ambiental * Avances con la compañía de seguros * Se establecen compromisos * Se anexa diagrama de Gantt para la recuperación del túnel de curazao actualizado
		Líder equipo de trabajo operación generación	
		Líder equipo de trabajo pequeñas centrales	
		Líder equipo de trabajo planificación	
		Profesional equipo de trabajo planificación	
		Profesional pequeñas centrales	
		Asistente equipo de trabajo planificación	
		Contratista civil	
		Profesional equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	
		Líder equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	
		Profesional proceso de seguros	
		Asistente equipo de trabajo finanzas	
Profesional auditoría			
8	31/07/2019	Jefe área generación	* Revisión acta anterior y seguimiento compromisos * Seguimiento avances obras técnicas recuperación túnel * Seguimiento avance obras de mantenimiento * Seguimiento avance obras de mejoramiento (trabajos de oportunidad) * Seguimiento avances gestión cuentas de costo y gasto recuperación * Seguimiento avances gestión cuentas comerciales de lucro cesante y cargo por confiabilidad * Avances con la compañía de seguros * Se establecen compromisos * Se anexa diagrama de Gantt para la recuperación del túnel de curazao actualizado
		Líder equipo de trabajo operación generación	
		Líder equipo de trabajo pequeñas centrales	
		Líder equipo de trabajo planificación	
		Profesional equipo de trabajo planificación	
		Profesional pequeñas centrales	
		Asistente equipo de trabajo planificación	
		Contratista civil	
		Profesional equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	
		Líder equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	
		Profesional equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	
		Profesional equipo de trabajo socioambiental	
Profesional área generación			
Líder equipo de trabajo mantenimiento mecánico			
Profesional auditoría			
9	15/08/2019	Jefe área generación	* Revisión acta anterior y seguimiento compromisos * Seguimiento avances obras técnicas recuperación túnel * Seguimiento avance obras de mantenimiento * Seguimiento avance obras de mejoramiento (trabajos de oportunidad) * Seguimiento avances gestión cuentas de costo y gasto recuperación * Seguimiento avances gestión cuentas comerciales de lucro cesante y cargo por confiabilidad * Avances con la compañía de seguros * Compromisos reunión gerencia del 13/08/2019 * Se establecen compromisos * Se anexa diagrama de Gantt para la recuperación del túnel de curazao actualizado
		Líder equipo de trabajo operación generación	
		Líder equipo de trabajo pequeñas centrales	
		Líder equipo de trabajo planificación	
		Profesional pequeñas centrales	
		Asistente equipo de trabajo planificación	
		Contratista civil	
		Profesional proceso de seguros	
		Líder equipo de trabajo Socioambiental	
		Profesional área generación	
		Líder equipo de trabajo mantenimiento mecánico	
		Asistente equipo de trabajo finanzas	
Profesional auditoría			

Fuente: elaboración propia

5.3 SUJETOS Y ACTORES SOCIALES

Los sujetos y los actores sociales que intervinieron en la recuperación del siniestro presentado en el túnel de Curazao y que participaron en la elaboración de las entrevistas y las reuniones de seguimiento, fuente de información de este trabajo,

se identifican en la Tabla 6. En ella se indica cuál fue la participación que tuvieron en dicho evento.

Tabla 6. Participación de los actores sociales

Asistentes	Área	Participación en el evento
Asistente equipo de trabajo finanzas	Finanzas	* Homologación de cifras y cuentas contables de los costos y gastos resultantes de la recuperación del túnel.
Asistente equipo de trabajo planificación	Generación de energía	* Construcción y consolidación de las cifras de costo y gasto de la recuperación del túnel para la entrega a la compañía aseguradora.
Contratista civil	Contratista	* Apoyó las labores civiles de la recuperación del túnel. * Construcción y consolidación de las cifras de costo y gasto de la recuperación del túnel para la entrega a la compañía aseguradora. * Participación en las entrevistas piloto.
Corredor Willis Colombia	Compañía aseguradora	* Apoyó la reclamación de los valores asegurados por CHEC a la compañía de seguros.
Jefe área generación	Generación de energía	* Coordinador de las actividades de la recuperación del túnel, fungió como líder del proyecto de recuperación * Participación en las entrevistas finales.
Líder equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	Generación de energía	* Coordinador de las labores eléctricas y civiles de la recuperación del túnel. * Coordinación de trabajos eléctricos de oportunidad. * Participación en las entrevistas finales.
Líder equipo de trabajo mantenimiento mecánico	Generación de energía	* Coordinador de los trabajos mecánicos que se presentaron por oportunidad.
Líder equipo de trabajo operación generación	Generación de energía	* Apoyó la coordinación de la recuperación del túnel, influyó en temas técnicos como administrativos durante la recuperación. * Participación en las entrevistas finales.
Líder equipo de trabajo pequeñas centrales	Generación de energía	* Seguimiento a las labores de recuperación del túnel y a los trabajos de oportunidad. * Fungió como líder del proyecto - Participación en las entrevistas piloto.
Líder equipo de trabajo planificación	Generación de energía	* Participó en la consolidación de los cálculos del lucro cesante presentados en el periodo de recuperación del túnel.
Líder equipo de trabajo socioambiental	Generación de energía	* Coordinó los trabajos socioambientales presentados por la ocurrencia del siniestro.
Profesional área generación	Generación de energía	* Apoyó la jefatura del área de generación en diferentes frentes de trabajo.
Profesional auditoría	Auditoría	* Coordinador de las reuniones de seguimiento a la recuperación del túnel.
Profesional equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	Generación de energía	* Interventor del contrato de recuperación del túnel. * Apoyo civil durante la recuperación del túnel.
Profesional equipo de trabajo planificación	Generación de energía	* Cálculo de las pérdidas por lucro cesante y por cargo por confiabilidad.
Profesional equipo de trabajo socioambiental	Generación de energía	* Apoyó en la coordinación de los trabajos ambientales. * Participación en las entrevistas finales.
Profesional pequeñas centrales	Generación de energía	* Apoyó en los trabajos mecánicos tanto de mantenimiento como de oportunidad.
Profesional proceso de seguros	Finanzas	* Intermediario entre CHEC y la compañía de seguros. * Gestión de la reclamación de las pérdidas frente a la compañía de seguros.
Profesional equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	Generación de energía	* Participación en las entrevistas finales. * Involucrado en los mantenimientos de recuperación del túnel y en los trabajos de oportunidad.
Profesional equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil	Generación de energía	* Participación en las entrevistas piloto. * Apoyó la recuperación del túnel en la parte civil.
Líder equipo de trabajo ingeniería	Proyectos	* Apoyó en la consecución del contratista para la recuperación del túnel. * Apoyó en el análisis de causa raíz del evento.
Profesional equipo de trabajo socioambiental	Generación de energía	* Participó en las entrevistas piloto. * Apoyó civil en la recuperación. * Interventora del contrato recuperación túnel. * Lideró el análisis de causa raíz.

Fuente: elaboración propia

5.4 PROCEDIMIENTO

En las siguientes líneas se describen el procedimiento utilizado y el análisis realizado sobre la información recolectada en el trabajo de campo.

5.4.1 Sistema categorial

Para poder organizar el análisis de la información recopilada en las entrevistas, se clasificaron en categorías teóricas o precategorias y luego en categorías emergentes. Lo anterior se logró mediante el uso del sistema categorial, que es una herramienta cualitativa que trabaja a partir de lo general para llegar a lo particular, por medio del uso de categorías que permiten al investigador tener una ruta de trabajo para poder soportar los análisis efectuados y con ello sostener los resultados de la investigación.

Dado que el sistema categorial es un conjunto de categorías organizadas, es imprescindible definir dicha expresión, que se entiende como

ordenadores epistemológicos, campos de agrupación temática, supuestos implícitos en el problema y recursos analíticos. Como unidades significativas dan sentido a los datos, permiten reducirlos, compararlos y relacionarlos. [Son] una construcción para ordenar el mundo vivido, y al mismo tiempo como una visión anticipada de dicho mundo (Alvarado, 1993, p. 274, citado por Gonzales Miranda & Uribe Correa, 2018, p.5)

Dicho sistema se utilizó para el análisis inicial de la información recopilada en las respuestas a las entrevistas, cuya su catalogación se empleó para poder hacer agrupaciones que permitieran cubrir la totalidad del evento y, además, para poder conglomerarlas según sus categorías principales y emergentes.

5.4.2 ANÁLISIS

Con el fin de hacer el levantamiento de la información de base para la investigación, se aplicaron entrevistas piloto a cuatro integrantes del área de generación¹¹, con base en las preguntas propuestas por la metodología de la RDA.

El resultado fue de dos horas y 45 minutos de grabación, que se analizaron en forma detenida y se clasificaron según el sistema categorial, para poder relacionar la información y encontrar categorías emergentes que permitirían complementar las preguntas iniciales con el fin de obtener una cobertura general del evento. Se obtuvieron 129 *verbatim*s¹².

Después de los resultados obtenidos en las respuestas a las entrevistas piloto, se construyó un nuevo listado de preguntas para formular en las entrevistas finales (ver

Tabla 8), que se les aplicaron a seis profesionales: cinco del área de generación y uno de la de proyectos¹³. Se obtuvieron cuatro horas y 45 minutos de grabación, que se analizaron en detalle con el sistema categorial, que permitió justificar los resultados de la investigación. Hubo 131 *verbatim*s.

El análisis de la información consolidada se basó en la extracción de *verbatim*s de las respuestas a cada una de las entrevistas aplicadas; estos *verbatim*s en un principio se organizaron según unas categorías teóricas, tomadas de las preguntas realizadas, para dar mayor claridad y consecuencia a la información respecto al evento, con el fin de que cubriera todo lo concerniente al siniestro. De este proceso

¹¹ Las entrevistas piloto fueron las correspondientes a los siguientes códigos: E1-LAVC-P, E2-NSAR-P, E3-CHS-P y E4-VRL-P.

¹² Reproducción exacta de una oración, frase, cita u otra secuencia de texto de una fuente a otra.

¹³ Las entrevistas finales fueron las correspondientes a los siguientes códigos: E5-CIHZ-F, E6-MLOL-F, E7-NCO-F, E8-JCPR-F, E9-IDPJ-F y E10-JLP-F.

resultaron categorías emergentes, que permitieron dar mayor orden y claridad a la información.

Una vez con la información ordenada, se agruparon los *verbatim*s por temas relacionados con el fin de poder construir una observación, que es la materia prima para el proceso de LA de la OTAN (NATO, 2016). Según la misma fuente, en traducción libre del autor del trabajo de grado, una observación es un comentario basado en algo que alguien ha escuchado, visto o notado y que ha sido identificado y documentado como un problema o una posible mejor práctica.

Como un ejemplo de la construcción de una observación, se ofrece la Tabla 7, en la que se aprecian unas categorías principales en cada *verbatim* y un agrupamiento que dio pautas para la elaboración de una observación.

Tabla 7. Construcción de la observación R

No. Observación Consolidada	categoría principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatims	OBSERVACIONES
R	Aspectos de aprendizaje o mejora	E4-VRL-P	00:08:09	en estas organizaciones, no es tan sencillo como decir contrato otro ingeniero y venga atiéndalo, porque se requiere un conocimiento del sistema como tal	Se identificó la necesidad de crear un plan de carrera en donde se haga una entrega óptima del puesto, una documentación del trabajo realizado y de la historia laboral. Esto evitará inconvenientes en el desarrollo futuro del la albor asegurando la continuidad y confiabilidad de esta gestión.
	Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:16:45	me pareció muy critico que la interventoría y la supervisión del otro contrato tuvo cierta conciencia, porque la ingeniera Mannela salió la organización, ella le hizo la supervisión hasta un punto al contrato, luego se lo entregó a otra compañera, sin un empalme adecuado en que iba la supervisión, y eso nos vio abocados a tener muchas diferencias y discusiones con el contratista consultor	
	El deber ser de la intervención del siniestro	E8-JCPR-F	00:12:58	en un mundo ideal crear un director de proyectos, puede ser externo o de la misma área con conocimiento, sacarlo de su cotidianidad de actividades diarias y conseguir una persona o una cadena de reemplazos hasta llegar a reemplazarlo y dejar una sola persona encargada digamos del proyecto, sin su día a día que lo consumiera, ese sería como el ideal, y yo pensaría que un director del proyecto solo enfocado en este tema, respirando y pululando por el correctivo de esta falla pudiera haber sido mas efectivo	
	Como se intervino en realidad	E8-JCPR-F	00:17:53	la ingeniera civil de mantenimiento civil del área, con mucha experiencia, que iba a salir pensionada en el mes de enero o febrero mejor dicho, coincidió con la falla, con la persona logramos hacer una negociación y autorización a través de la gerencia que quiera estar con nosotros unos meses más mientras la contingencia	

Fuente: elaboración propia

La estructura del instrumento investigativo que se muestra en la Tabla 8 indica el objetivo general distribuido en los objetivos específicos y para cada uno de ellos se asocian las categorías y las subcategorías en las que se clasificaron las preguntas

Tabla 8. Estructura del instrumento investigativo

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUB-CATEGORÍAS	PREGUNTAS INICIALES	PREGUNTAS FINALES
<p>Construir las lecciones aprendidas durante la contingencia del túnel de Curazao en la central Insula, de propiedad CHEC, en el año 2019, al tomar como referencia el manual de LA de la OTAN (NATO, 2016), complementado con la metodología de la revisión después de la acción para la consolidación de una fuente de consulta abierta para el personal de la empresa y para otras del sector de energía.</p> <p>El resultado esperado con este trabajo es consolidar una fuente de consulta con información analizada, partiendo de la investigación de hechos ocurridos en la contingencia del túnel de curazao en la central Insula de la CHEC.</p>	<p>• Identificar las acciones realizadas por la CHEC durante la falla y la recuperación del túnel de Curazao.</p>	Participantes y metodologías de intervención	Metodologías	En la intervención inicial del siniestro, ¿quienes participaron y que metodología fue utilizada?	¿Existe un protocolo en la empresa para la atención de siniestros? ¿Por que no existe?
			Participantes		En la intervención del siniestro ¿Quienes participan y por que?
			Metodologías		¿Qué metodología de intervención tiene la empresa y como se interviene el problema?
		El deber ser de la intervención del siniestro	Planeación	Como cree usted que se debió haber atendido este siniestro?	¿Qué tipo de planeación se requiere para la atención de este tipo de siniestro?
			Equipo de trabajo		¿Cómo conformar un equipo adecuado para atender esta situación?
			Atención del siniestro		¿Cómo se tuvo que atender este siniestro?
		Como se intervino en realidad	Metodologías	¿Como fue atendido en la realidad?	¿Mediante la planeación inicial, cómo se cumplieron los procedimientos para la atención de este siniestro?
			Planeación		¿Cómo se planificó la comunicación para los diferentes grupos de interés?
			Equipo de trabajo		¿Bajo qué criterios y cómo se conformaron los comités de seguimiento?
			Equipo de trabajo		¿El personal que tenia la compañía fue suficiente para atender el siniestro? ¿Qué se hizo al respecto?
			Atención del siniestro		¿Qué contingencias hubo en el desarrollo de este siniestro y como se resolvieron?
			Socioambiental		¿Qué elementos de discusión surgieron por el tema socioambiental?
		Identificación de causas	Causas identificadas	¿Cuáles son las causas que generaron los problemas identificados anteriormente?	¿Cuáles son las causas que generaron los problemas identificados anteriormente?
			Alternativas de solución	Soluciones	¿Cuáles pueden ser las soluciones, para evitar que se presenten los mismos inconvenientes a futuro, o que se repitan aquellos que aportaron positivamente?
		Aspectos de aprendizaje o mejora	Aprendizaje	¿Cual es el aprendizaje que surge de este siniestro para la empresa?	¿Cuál es el aprendizaje que surge de este siniestro para la empresa?
	• Elaborar un modelo metodológico basado en el manual de LA de la OTAN (NATO, 2016), complementado con el proceso de revisión después de la acción (RDA) y la metodología propuesta por Coquillat de Travesedo (2014).	N/A	N/A	N/A	N/A
	• Reconocer las lecciones aprendidas a partir del caso de la falla y la recuperación del túnel de Curazao.	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia

realizadas al inicio y las finales. Para los objetivos específicos segundo y tercero no aplicaron las categorías ni las preguntas puesto que en ellos se trabajó con la información recopilada en el primer objetivo estratégico.

Ahora bien, una vez obtenida la materia prima para comenzar el proceso de lecciones aprendidas de la OTAN (NATO, 2016), se debió encontrar la forma para llegar a una acción correctiva y a la asignación de un equipo de acción. Para poder obtener este resultado se acudió, como complemento a dicho proceso, al diagrama de Ishikawa, que fue propuesto por Kaoru, de nacionalidad japonesa, teórico de la administración de empresas y químico industrial. Se especializó en la calidad, en la que aportó diferentes modelos y sistemas que enriquecieron dicho asunto y que aún se siguen aplicando hoy día.

Se conoce por lo común como el diagrama espina de pescado, debido a su forma, en la que se tiene como fin un problema definido, al que se le deben asociar diferentes causas que lo inducen. Dichas causas por lo general se agrupan en seis “espinas”, conocidas como las seis emes (mano de obra, máquina, medio ambiente, material, método y medida), con el fin de abarcar todo lo relacionado con el problema. Estas causas se elaboran mediante una lluvia de ideas en un grupo interdisciplinario, que se califican para poder priorizar según los criterios definidos por el mencionado grupo de análisis.

Una vez se tengan las causas priorizadas se hace una nueva evaluación con otros criterios, como pueden ser si es causa directa o por su solución, su factibilidad, su medida y su costo, para así poder identificar la causa raíz principal que originó el problema.

Para este trabajo se contó con la participación de cuatro profesionales del área de generación de los equipos de trabajo de pequeñas centrales, mantenimiento eléctrico y civil, planificación y socioambiental. Gracias a su conocimiento, su

experticia y su participación en el evento en estudio se identificaron las causas sobre las observaciones identificadas, lo que permitió llegar a la causa raíz, al igual que a la posible solución para mitigarla. Ya con ella y la acción correctiva del caso, el investigador, según su criterio propuso un cuerpo de acción que incluyó, no solo al área de generación, sino también a otras áreas de la empresa.

El mencionado análisis robusteció el soporte de la investigación debido a la pluralidad de los intervinientes, al igual que a su polivalencia, lo que evitó el sesgo que podría haberse presentado frente al análisis.

Como último paso, se tomó parte de la metodología para la gestión de lecciones aprendidas basada en la gestión de riesgos propuesta por Coquillat de Travesedo (2014). Esta metodología fue propuesta por el citado autor, con certificaciones en PMP® y RMP® del PMI. Con la aplicación de esta metodología se gestionan las LA de manera eficiente con base en la metodología de gestión de riesgos del PMI®. En la Tabla 9 se presenta un paralelo entre la metodología propuesta por Coquillat de Travesedo (2014) y la de gestión de riesgos sugerida por el PMI, en el que se aprecia su similitud pero, a la vez, su diferencia, pues ambas llevan a un resultado único logrado con un análisis diferente.

El propósito de la inclusión de la metodológica propuesta por Coquillat de Travesedo (2014) fue la clasificación de las LA entre las áreas del conocimiento y los grupos de procesos indicados en el *PMBOK*® (PMI, 2017), como complemento al proceso de LA indicado por la OTAN (NATO, 2016).

La mencionada oportunidad nació de la experiencia de Coquillat de Travesedo en el campo del análisis *post mortem* de proyectos, en la que identificó inconvenientes en la recolección de las LA en las diferentes empresas observadas. En ellas se reflejó la falta de implicación de los actores de un proyecto fallido a causa de la detección de los errores, la falta de socialización de las LA junto con su aplicación,

la carencia de métricas para poder medir las eficiencias de las LA aplicadas y el ambiente organizacional propio de cada empresa.

Tabla 9. Comparación de la metodología de riesgos con la nueva metodología de lecciones aprendidas

Metodología gestión de riesgos	Nueva metodología lecciones aprendidas
Riesgos negativos (amenazas) y riesgos positivos (oportunidades)	Lecciones aprendidas positivas y negativas
Impacto y Probabilidad	Impacto (I)
Plan de gestión de riesgos	Plan de gestión de las lecciones aprendidas
Categorías de riesgos	Categorías de lecciones aprendidas
Identificar riesgos (técnicas)	Identificar lecciones aprendidas (técnicas)
Probabilidad - Matriz de probabilidad e impacto (análisis cualitativo)	Niveles cualitativos de importancia basado en el impacto
Análisis cuantitativo	Análisis de la viabilidad de la acción (CI-CA)
Respuesta al Riesgo	Acción a implementar
Monitorear y controlar los riesgos	Seguimiento de las lecciones aprendidas
Gestor del riesgo	Coordinador de la categoría
Responsable del riesgo	Responsable de la acción
Gobernabilidad del proceso de gestión de riesgos	Departamento o entidad liderando el proceso (se recomienda la PMO)

Fuente: Coquillat de Travesedo (2014, p. 46)

La propuesta de Coquillat de Travesedo (2014) sugiere que las lecciones aprendidas recopiladas en un evento o un proyecto deberán pasar por los procesos de identificación (IDE), clasificación (CLA) evaluación (EVA), almacenamiento (ALM), difusión (DIF) y seguimiento (SEG) para poder dar por hecho la consolidación de la lección. La ruta de los procesos sugeridos por el citado autor se presenta en la siguiente gráfica:

Ilustración 10. Procesos de la nueva metodología de lecciones aprendidas

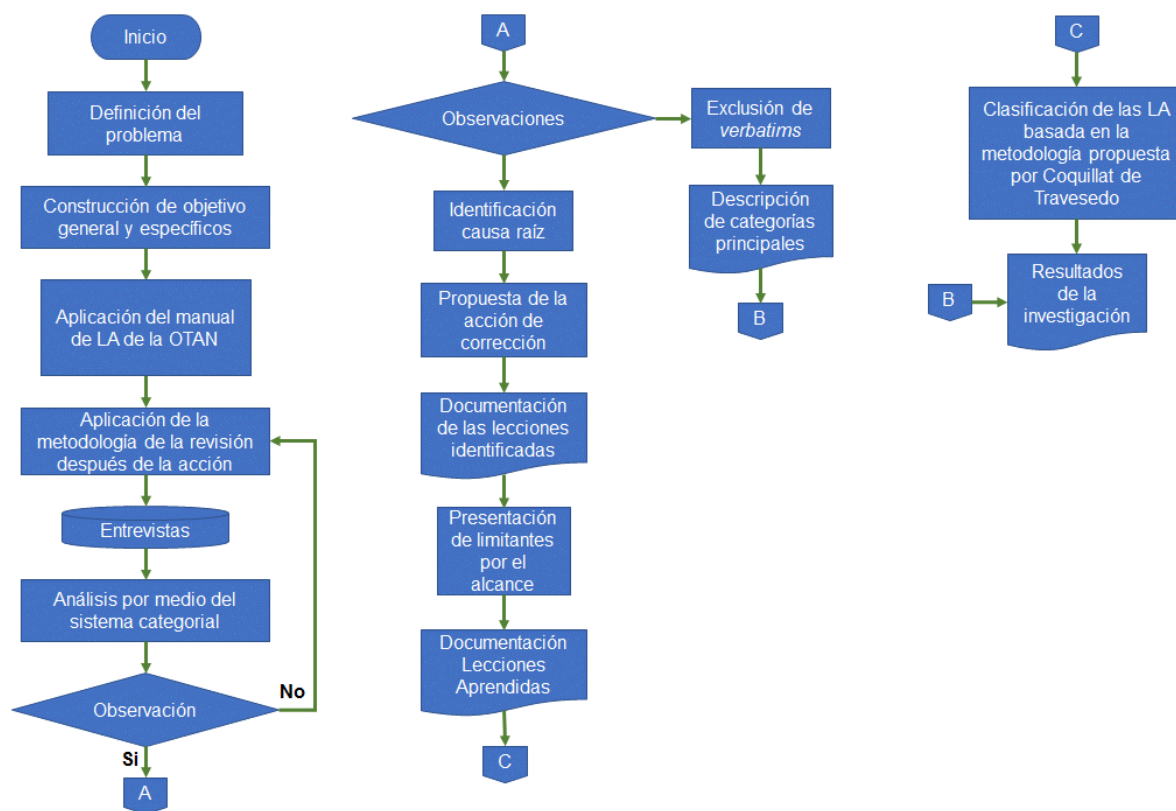


Fuente: Coquillat de Travesedo (2014, p. 47)

Para el caso concreto de este trabajo investigativo, solo se utilizó de esta metodología el proceso de clasificación que, como su nombre lo indica, toma las LA evaluadas y las clasifica en las áreas del conocimiento o los procesos de la guía del *PMBOK*[®] (PMI, 2017). Los otros procesos están cubiertos con lo indicado en el manual de la OTAN en el proceso de LA (NATO, 2016), que se eligió como guía para el presente trabajo.

Con lo anterior se elaboró un diagrama de flujo en el que se detallan los pasos que se siguieron con la aplicación de los aspectos metodológicos. Ver Ilustración 11.
Diagrama de flujo del trabajo investigativo

Ilustración 11. Diagrama de flujo del trabajo investigativo



Fuente: elaboración propia

Mediante el cumplimiento del procedimiento anteriormente descrito se obtuvieron las observaciones indicadas en la Tabla 10, lo que respaldó los resultados de la investigación y por dicha razón se incluyeron todas las tablas, con sus observaciones correspondientes.

Tabla 10. Observaciones

No. Observación Consolidada	categoria principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatims	OBSERVACIONES
A	Como se intervino en realidad	E10-JLP-F	00:11:52	Yo creo que la atención digamos que fue muy completa y rigurosa, por qué? porque digamos que el equipo estaba muy comprometido y gente de mucho conocimiento, inclusive se dividieron muchas labores, entonces los que empezaron a trabajar la parte de causa raíz, la parte mecánica, los que empezaron a ver la parte ambiental, se dividieron funciones y se empezaron a atender los diferentes frentes	El personal involucrado en la recuperación del túnel de curazao mostró su capacidad, dedicación, actitud y conocimiento en las labores que les fueron encomendadas, sin miramientos de índole personal. Se transfirió, a pesar de lo crítico del evento, una calma por parte de la jefatura del área que permitió a los involucrados gestionar sin presión las actividades asignadas a estos.
	Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:07:30	entre más personas involucremos en los temas más fácil es que cualquiera atienda	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E5-CIHZ-F	00:50:13	son equipos con muy buena disposición a hacer el trabajo, son personas que han aprendido a lo largo de todo de los que se nos ha presentado de varios años en el área, son personas con buen conocimiento, son personas empoderadas y son personas que muestran su capacidad y las ganas para sacar algo adelante, pues cualquier emergencia que se nos presenta, porque hay compromiso y cariño dentro de las personas que las presentan	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E8-JCPR-F	00:38:31	ese tejido humano que se formo en pro de solucionar la falla y de colaborar, sin miramientos pues en la misma área, en la articulación en todos los grupos de trabajo y áreas de apoyo	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E6-MLOL-F	00:40:52	Otra cosa que creo que para mí es muy valiosa, yo lo veo desde ese punto de vista, es que pudimos asumir este reto como con calma, por llamarlo así, porque digamos el liderazgo del área pues se ...el jefe transmitía cierta tranquilidad y eso nos permitió a todos ir asumiendo nuestros roles con responsabilidad, con la responsabilidad que ello trae, pero también de manera calmada, digamos sin apresurarnos, sin salir a correr así, entonces digamos que esta calma que el transmitió para mí fue positiva	
B	El deber ser de la intervención del siniestro	E1-LAVC-P	00:18:19	los profesionales que tenemos en el área, son profesionales que normalmente estamos atendiendo la operación y el mantenimiento. Pero hay situaciones en nuestros sistemas, que ameritan unos estudios especializados, allí pues nosotros no tenemos digamos que ni la capacidad operativa y a veces ni las especialidades	La falta de recurso humano para la realización de ciertas actividades no permitió la ejecución de algunos trabajos especializados y de oportunidad a demás de la sobrecarga que generó en algunos colaboradores del área de generación. Se requirió contratar con terceros labores especializadas a falta del recurso humano con este conocimiento. Colaboró en gran medida, a causa de la ausencia de personal capacitado, la contratación de un externo para la reparación del túnel
	Como se intervino en realidad	E1-LAVC-P	00:28:07	entonces cuando yo ya me contacté con Ricardo, le dije que qué actividades podemos desarrollar para mejorar en la planta, él me dijo que habían algunas cosas, pero que no habían los recursos, porque también teníamos precisamente una situación es una situaciones que se presentaron en San Francisco, que habían que atender, entonces el recurso humano estaba destinado allá	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E1-LAVC-P	00:32:41	Lo que pasa es que como tenemos tantas cosas para atender, uno no se puede excluir de las otras cosas entonces, digamos, que para mí una atención de un siniestro, de este tipo y de esta envergadura, eso requiere un aislamiento total, para dedicación exclusiva a la recuperación del proyecto	
	Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:15:01	Se contratan los estudios con el fin de hacer la reparación del túnel y de una vez el análisis de causa raíz	
	Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:23:12	primero creo que esta responsabilidad, pues, efectivamente era la persona de pequeñas centrales hidroeléctricas, pero también hay un entendimiento, y es que esa persona no tiene los recursos necesarios para poder delegar o haber asumido esa responsabilidad como tal	
	Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:30:33	La falta de recursos, la falta recurso humano, más que todo, y la falta de planeación. Puede que incluso en ese momento hubiéramos podido designar a alguien, pero no lo hicimos	
	Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:01:24	pero la aseguradora pues como ellos no tienen personal conocedor del tema, siempre le solicita a la empresa que en estos casos la supervisión o la interventoría de los contratos este a cargo de funcionarios de CHEC	
	Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:12:22	pues lo que yo entiendo es que finalmente al jefe de área le toco asumir muchas veces ese rol de manera forzada, pero uno de los ingenieros pues de plantas que se hubiera dedicado a eso, no	
	Como se intervino en realidad	E7-NCO-F	00:21:46	Realmente contratistas si se requieren, ósea, el área pues tiene buen personal y equipo, sin embargo pues no se puede dedicar a atender una contingencia porque las demás instalaciones pues continúan su operación normal y hay que seguir las atendiendo de la mejor manera posible, o sea, hay unos mantenimientos preventivos que no pueden interrumpir	
	El deber ser de la intervención del siniestro	E8-JCPR-F	00:12:58	en un mundo ideal crear un director de proyectos, puede ser externo o de la misma área con conocimiento, sacarlo de su cotidianidad de actividades diarias y conseguir una persona o una cadena de reemplazos hasta llegar a reemplazarlo y dejar una sola persona encargada digamos del proyecto, sin su día a día que lo consumiera, ese sería como el ideal, y yo pensaría que un director del proyecto solo enfocado en este tema, respirando y pululando por el correctivo de esta falla pudiera haber sido mas efectivo	

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Observaciones (continuación)

No. Observación Consolidada	categoría principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatims	OBSERVACIONES
C	Aspectos de aprendizaje o mejora	E5-CIHZ-F	00:50:13	son equipos con muy buena disposición a hacer el trabajo, son personas que han aprendido a lo largo de todo de los que se nos ha presentado de varios años en el área, son personas con buen conocimiento, son personas empoderadas y son personas que muestran su capacidad y las ganas para sacar algo adelante, pues cualquier emergencia que se nos presenta, porque hay compromiso y cariño dentro de las personas que las presentan	El área de generación debe verificar el perfil requerido según sus necesidades para cubrir las vacantes necesarias en el proceso de operación, complementado con una buena inducción a la empresa y un periodo de entrenamiento. De igual forma el personal activo deberá tener un plan de capacitación y reentrenamiento periódico que garantice mantener el conocimiento base del puesto de trabajo junto con la actualización derivada de las modificaciones realizadas en la centrales de generación. La labor de operación es fundamental para la sostenibilidad del negocio.
	Como se intervino en realidad	E10-JLP-F	00:20:33	hubo pues algunos problemas muy latosos porque los operadores de las compuertas en el embalse no supieron, ni informar, ni manejar adecuadamente las compuertas, entonces se nos lleno el embalse, se llenó el lago norte, además, porque no le dieron salida a la creciente y se asocio ahí a una baja de calidad del agua del lago norte con una pérdida de peces pues importante	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E4-VRL-P	00:25:20	Yo también pienso que nos hace falta mayor capacitación, o sea, acá hay gente muy buena pero requiere de mas capacidades y las puede lograr	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E9-IDPJ-F	00:46:36	otro punto importante es la inducción y capacitación del personal operativo de las plantas, de los operadores, los operadores en mi concepto pues deberían tener una un perfil más profesional, un perfil más de tecnólogo, tecnólogo de universidad tecnológica para arriba, pues o sea, ya sea tecnólogo profesional o profesional como tal, dónde puedo evaluar sus decisiones desde diferentes aspectos, entonces creo que en esa parte muchas oportunidades de mejora	
	Como se intervino en realidad	E6-MLOL-F	00:04:14	ya lo de la compuerta tuvo otro tema pues que hay que darle doble click, por que es un tema ya de historia del negocio y pues por lo menos la generación de ingenieros que estamos hoy al frente, nunca hemos tenido que operar esa compuerta	
	Como se intervino en realidad	E6-MLOL-F	00:30:57	abrimos y todo ese tramo del túnel entre la entrada de la Mira y la compuerta se lleno de lodo y tuvimos muchos días, varios días con la compuerta arriba, nosotros subíamos la compuerta y eso ya se había apelmazado de tierra y de lodo y eso quedo como un bloque ahí, entonces estuvimos ahí y fueron unos días complicados porque no sabemos cómo vaciar la mira, y ya velamos que la compuerta ya no se movía y casi que lo único que tuvimos que hacer fue echarle más agua a la Mira para aumentar la cabeza y aumentar la presión, y efectivamente pues fue lo que hicimos.... ...montamos unas motobombas para evacuar agua y esas motobombas necesitaban un transformador y el transformador no estaba ahí a la mano, entonces compramos un transformador por emergencia, pues no llegó al otro día pero llego a los ocho días...	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E6-MLOL-F	00:30:57	no teníamos el polipasto adecuado para poder bajar la compuerta, no teníamos algunas herramientas, el polipasto era alimentado por electricidad en el lugar donde está la compuerta no hay electricidad, entonces nos tocó coordinar con redes para poder alimentar desde abajo desde la Mira hasta arriba hasta la compuerta, mientras el señor que contratamos que tenía el polipasto, yo no puedo hoy, yo puedo mañana a dónde el señor llego el otro día, entonces de ahí obviamente aprendimos y claro dejamos energía ya disponible todo el tiempo, compramos un polipasto para bajar esa compuerta si nos toca bajarla el día de mañana, lo tenemos ahí en el macen de la Insula	
	Participantes y metodologías de intervención	E7-NCO-F	00:02:18	es una estructura pues muy antigua también que pues siempre se le ha reconocido la bondad en cuanto a la construcción y nadie se imaginaba que un túnel podía presentar una situación de las que de las que vivimos	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E9-IDPJ-F	00:03:27	no habían rutinas de mantenimiento, las inspecciones pues que se habían hecho el túnel pues están muy atrás y pues digamos que no tenían un enfoque para lo que se presentó	
	Como se intervino en realidad	E10-JLP-F	00:20:33	hubo pues algunos problemas muy latosos porque los operadores de las compuertas en el embalse no supieron, ni informar, ni manejar adecuadamente las compuertas, entonces se nos lleno el embalse, se llenó el lago norte, además, porque no le dieron salida a la creciente y se asocio ahí a una baja de calidad del agua del lago norte con una pérdida de peces pues importante	
Aspectos de aprendizaje o mejora	E9-IDPJ-F	00:46:36	otro punto importante es la inducción y capacitación del personal operativo de las plantas, de los operadores, los operadores en mi concepto pues deberían tener una un perfil más profesional, un perfil más de tecnólogo, tecnólogo de universidad tecnológica para arriba, pues o sea, ya sea tecnólogo profesional o profesional como tal, dónde puedo evaluar sus decisiones desde diferentes aspectos, entonces creo que en esa parte muchas oportunidades de mejora		

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Observaciones (continuación)

No. Observación Consolidad.	categoría principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatim	OBSERVACIONES
D	Participantes y metodologías de intervención	E6-MLOL-F	00:10:26	conformamos un grupo que le hacíamos seguimiento digamos semanal al avance, se construyó un cronograma de trabajo en donde en donde teníamos todas las tareas de recuperación y todos los trabajos de oportunidad, ese equipo era coordinado por Mario César López desde la parte de auditoría, y pues bueno estábamos todos nosotros como líderes en generación atendiendo desde los frentes, mecánico, eléctrico, civil y de operación	No se elaboró desde un principio un plan de comunicaciones que permitiera conocer a quién, cómo, cuando y que información se debería entregar. De igual forma no se tenía claridad en cuanto a los tiempos de reporte de información a algunos grupos de interés externos.
	Identificación de causas	E10-JLP-F	00:15:50	No, creo que ese puede ser uno de los elementos que le pudo haber faltado, la planeación de la comunicación pues estuvo mucho sobre la marcha y sobre la generación de los tipos de trabajo y la coordinación con el jefe de área, pero fue una de las cosas que nos cojeó, pues nos cojeó y lo digo de cojear, digamos que a los días nos dimos cuenta que teníamos que comunicarle a la corporación y teníamos que hacer una socialización con comunidades, al interior de los equipos a veces no había comunicación muy clara, entonces ese puede ser uno de los elementos que nos costó trabajo entender, y esa comunicación es clave para articular los equipos y para lograr resultados rápidos, yo creo que ese fue un elemento que no estaba muy bien planeado y que se ejecutó muy sobre la marcha	
	Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:05:53	lo que comentan pues los demás ingenieros encargados, es que había muchas cosas por atender y que se trato de priorizar, pero yo considero que todo parte de una mala planeación y de que no hay una buena comunicación entre los equipos de trabajo	
	Como se intervino en realidad	E5-CHZ-F	00:23:55	Las comunicaciones, pues no, básicamente es algo...no es que se haya definido la forma de hacer las cosas, nunca se dijo necesitamos generar un informe diario de como van las actividades, nunca se dijo como habían que presentar los informes, si estábamos basados en un cronograma para poder cumplir los hitos y las actividades dentro de la recuperación, porque esta recuperación se volvió, digamos, un proyecto, pero un proyecto pues que era una emergencia, digámoslo así, entonces esa situación de digamos de comunicaciones no fue muy, no fue como establecida pues de como es el deber ser	
	Participantes y metodologías de intervención	E8-JCPR-F	00:04:27	se activaron esos frentes y esa atención de la emergencia con unos procedimientos que va muy desde la experiencia, el quehacer y el día a día de la empresa, entonces, una falla que por menor que sea lo primero que uno hace es reportar al seguro y se comunica a los ingenieros de mantenimiento principalmente, y eso desencadena una serie de acciones que no están escritas en ningún procedimiento pero que sí digamos fluyen de manera muy rápida en el área en su día a día	
	Como se intervino en realidad	E8-JCPR-F	00:17:53	este primer grupo de comunicación de WhatsApp que fluía muy bien, y fluía tan bien, pero tenía tantas personas que no le hicimos el filtro adecuado, que creíamos que por ese medio se estaba dejando filtrar información y alguien del área, que ese es otro punto raro y nos pareció demasiado complicado, está filtrando la información al dueño de la finca y eso entorpecida que fluyera más los trabajos correctivos	
	Identificación de causas	E10-JLP-F	00:15:50	No, creo que ese puede ser uno de los elementos que le pudo haber faltado, la planeación de la comunicación pues estuvo mucho sobre la marcha y sobre la generación de los tipos de trabajo y la coordinación con el jefe de área, pero fue una de las cosas que nos cojeó, pues nos cojeó y lo digo de cojear, digamos que a los días nos dimos cuenta que teníamos que comunicarle a la corporación y teníamos que hacer una socialización con comunidades , al interior de los equipos a veces no había comunicación muy clara, entonces ese puede ser uno de los elementos que nos costó trabajo entender, y esa comunicación es clave para articular los equipos y para lograr resultados rápidos, yo creo que ese fue un elemento que no estaba muy bien planeado y que se ejecutó muy sobre la marcha	

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Observaciones (continuación)

No. Observación Consolidada	categoría principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatims	OBSERVACIONES
E	Alternativas de solución	E10-JLP-F	00:17:04	se genero un chat de WhatsApp con todos los implicados que permitió identificar las actividades que iba desarrollando cada grupo, eso digamos que fue muy positivo en los primero días del evento porque entonces uno sabia que cosas iban pasando y que cosas se iban identificando	Se implementó el uso de la mensajería instantánea para teléfonos móviles como medio de comunicación directa y en tiempo real de la situación de recuperación del evento. La aplicación de esta tecnología permitió un flujo de información constante y actualizado con algunos de los involucrados en el evento..
	Como se intervino en realidad	E1-LAVC-P	00:20:19	porque creamos un grupo por WhatsApp para que todos estuviéramos enterados de que se atendía y para que ellos supiera de qué manera íbamos a continuar con el proceso	
	Alternativas de solución	E7-NCO-F	00:19:59	pues afortunadamente pues la tecnología facilita mucho la situación y digamos que una parte fundamental de los trabajos si fue el chat que el jefe de área conformó para la recuperación pues del túnel como tal, entonces las actividades principales y que de pronto requerian conocimiento de todos o de varios de los integrantes, entonces se hacían por ese medio	
	Como se intervino en realidad	E8-JCPR-F	00:17:53	decidimos integrar un método, un medio más rápido de comunicación a través del WhatsApp en donde comenzamos a conversar varios factores, de seguridad y salud en el trabajo, gestor social de otra área que tenia relacionamiento con el señor lo convocamos, la abogada de jurídica para que nos diera su opinión, el equipo de socio-ambiental con tres o cuatro asistentes y las personas involucradas, de planificación la parte que tuviera que ver con la dirección y ayuda con emergencias, los de lucro cesante, entonces es un grupo interdisciplinario por WhatsApp de muchas personas, el del seguro, entonces metimos mucha gente	
F	Participantes y metodologías de intervención	E8-JCPR-F	00:02:33	activamos un grupo como interdisciplinario de todas las áreas de la empresa, que no sólo empezó a convocar al personal interno del área de operación, mantenimiento, planificación, socio-ambiental, sino que empezamos a convocar otras áreas de la empresa que nos pueden ayudar con los correctivos	Se comunicó y explicó la ocurrencia del evento a los grupos de interés, enfocado principalmente en la comunidad vecina a la zona afectada. Esta socialización busca mantener la claridad sobre el evento para facilitar la gestión de las actividades y evitar confrontaciones con alguno de los grupos de interés.
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E2-NSAR-P	00:46:35	apenas se avisa la contingencia y que nosotros evidenciamos que tenemos que hacer ese desembalse, se avisa a la comunidad por redes sociales, creo que el 28 de febrero es un jueves, el viernes ya no había servicio en el Malecón	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E2-NSAR-P	00:35:05	Para la contingencia, pues incluso lo social fue muy sincronizado, porque desde que sucedió la contingencia, las gestoras sociales pudieron desplazarse a la zona y explicar qué estaba pasando, eso también ayudó muchísimo	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E2-NSAR-P	00:46:35	apenas se avisa la contingencia y que nosotros evidenciamos que tenemos que hacer ese desembalse, se avisa a la comunidad por redes sociales, creo que el 28 de febrero es un jueves, el viernes ya no había servicio en el Malecón	
	Como se intervino en realidad	E8-JCPR-F	00:33:27	logramos salirle digamos al encuentro a través de la gestión socio-ambiental del área, contacto con las comunidades, con le medio escrito, con el medio hablado, las comunicaciones, que estamos haciendo, hicimos convocatorias con EMAS, trabajamos con unos encapsuladores de olores e inhibidores de olores a través de Cali y otros productos con EMAS y logramos estar controlando el olor	
	El deber ser de la intervención del siniestro	E9-IDPJ-F	00:26:07	en éste que ya es un tema ya programado donde tenemos que tener las aprobaciones de todo el mundo es muy importante pues involucrar a los que más se puedan, para evitar de pronto alguna demanda posterior	

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Observaciones (continuación)

No. Observación Consolidada	categoría principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatims	OBSERVACIONES
G	Aspectos de aprendizaje o mejora	E5-CIHZ-F	00:46:36	debería existir en contratación unas reglas de negocio o unos lineamientos que permita hacer contrataciones de emergencia, de emergencia que no estén atados a esos requisitos , pues si, los requisitos y las necesidades y controles deben existir, pero cuando se presenta un siniestro de esta envergadura, debería haber un tema de flexibilización para una contratación mas ágil	Se identificó el desconocimiento por parte de la mayoría de los entrevistados de los esquemas especiales de contratación. Se evidenció falta de socialización por parte de las áreas de apoyo de sus lineamientos y reglas de negocio que impactan a toda la empresa y que pueden facilitar la gestión de ciertas actividades en casos de fuerza mayor o el beneficio para la organización. Esta socialización debe ser de manera continua para asegurar la comprensión por parte de los colaboradores de las diferentes áreas de la empresa.
	Como se intervino en realidad	E1-LAVC-P	00:39:34	esos contratos por oportunidad fueron los que no pudimos atender rápidamente, porque son por oportunidad, entonces a eso no le dan la importancia que para nosotros en el negocio tiene	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E6-MLOL-F	00:39:02	pero yo creería que fue un apoyo importante con el tema de contratación, pues tuvimos que hacer algunas compras de emergencia y no, creo que nos fue bien	
	Alternativas de solución	E8-JCPR-F	00:24:41	ahí entró a jugar un papel muy importante el seguro porque nosotros por los tiempos normativos que tenemos en la contratación somos un poco lentos y se necesita velocidad, entonces convocamos al seguro y el seguro articuló y habilitó cualquier tipo de contratación con las personas que fueran, el mismo seguro puso una firma especialista que viniera a hacer revisión	
	Como se intervino en realidad	E10-JLP-F	00:09:31	no disponemos de recursos extraordinarios para atender estas contingencias, entonces nos toca someternos digamos al paso a paso de la aprobación de un contrato, en la consecución de una compra rápida que son bastante lentos, aquí unos elementos que nos ayudaron mucho como la compañía de seguros que contrato directamente algunas actividades, pero aún así eso se tomamos unos tiempos muy muy largos	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E1-LAVC-P	00:37:33	Yo entiendo que la empresa tiene un procedimiento para emergencia, pero la verdad es que nunca hemos tenido como de manera juiciosos, hacer algo en ese sentido	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E2-NSAR-P	00:51:09	Hay una clausula en CHEC, que se maneja para contingencias, lo que pasa es que no tenemos mucha experiencia manejando esa clausula, entonces a través de esa clausula podemos conseguir equipos, para operar incluso compuertas que nunca en la vida habíamos operado, como la compuerta Veracruz	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E4-VRL-P	00:09:01	yo no he visto nunca en este tipo de emergencias que se escoja este camino, porque a pesar de que eso me permite direccionar la contratación, me toca hacer todo el proceso por el sistema, que en este caso se llama ARIBA	
	Identificación de causas	E6-MLOL-F	00:36:24	entonces por ejemplo vamos a comprar un transformador, pero hay que comprarlo usando la clausula del manual de contratación de emergencia manifiesta, cierto? entonces resulta que esa clausula nunca la habían usado en la CHEC	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E7-NCO-F	00:39:52	vale la pena revisar el numeral del acuerdo de contratación que habla de las situaciones excepcionales de los casos de emergencia, porque parece que no somos como muy buenos en...o no sabemos cómo es que se activa esa parte del reglamento de contratación	
Alternativas de solución	E8-JCPR-F	00:28:04	hacer ágiles las SP, los contratos, las OR's y hasta unos contratos de emergencia que casi nosotros debutamos en la empresa, digo nosotros y la misma CHEC con esos contratos de emergencia que se hacían de un día para otro y fueron muy efectivos y ahí fue el área de contratación digamos que cualquiera del área de contratación que lo activábamos		
H	El deber ser de la intervención del siniestro	E9-IDPJ-F	00:08:38	si hay que ir a evaluar qué fue lo que sucedió ahí nosotros no somos expertos, entonces siempre debemos tener un listado de especialistas y llamarlos de acuerdo a todos los temas que puedan suceder en nuestras plantas y llamarlos de inmediato pues para una asesoría y pagarles pues por hora, por el servicio pues que ellos prestan	Se evidenció la necesidad de tener un listado de proveedores a los cuales se pueda acudir para la atención de un siniestro, basado en los riesgos identificados sobre la infraestructura de generación que posee la empresa. Esto reducirá tiempo en la búsqueda de personal externo que pueda atender algún evento no deseado que se presente en la empresa.
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E9-IDPJ-F	00:08:38	lo inicial es que tenemos que tener siempre un respaldo de especialistas en determinados temas para poder llamar en algún momento y pagarles por horas o servicios su asesoría	
I	Aspectos de aprendizaje o mejora	E1-LAVC-P	00:38:48	para nosotros fue muy oportuno y muy fácil y muy rápido lo que se hizo, fue gracias a que la compañía aseguradora nos apoyó en contratar lo que fuera necesario para poder recuperar rápidamente la conducción, y poner el agua	La contratación de la empresa requerida para la recuperación del túnel por parte de la compañía aseguradora, fue de gran impacto para el evento ya que esto permitió realizar esta actividad en un tiempo menor al que se pudo haber demorado con los procesos de contratación de la empresa.
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E2-NSAR-P	00:48:27	el tema dejamos ayudar, en el tema de haber sacado las dos órdenes de trabajo a través de la aseguradora, sin unos términos, sin unos alcances bien definidos, también fue una falla	
	Como se intervino en realidad	E6-MLOL-F	00:15:18	las pólizas de seguro que tienen CHEC, pues son de las mejores del mercado, y esas pólizas le permiten a CHEC usar mecanismos de contratación a través de la aseguradora	

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Observaciones (continuación)

No. Observación	Observación Consolidada	Categoría principal entrevista	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatim	OBSERVACIONES
		Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:34:21	el alcance estaba dado. Si no que el alcance era muy generoso, era tan generoso como hacer un estudio de análisis de causa raíz, metodologías hay muchísimas, pero la que tenemos en el grupo EPM es la del área.	
		Como se intervino en realidad	E3-CHS-P	00:11:39	hubo un tema importantísimo que lo analizamos y tratamos de valorarlo, pero no teníamos como los elementos para hacerlo, que era lo de la limpieza de lago sur, del embalse Carneaguadua, pues no teníamos la manera de sacar los lodos, de bajarle el nivel a los lodos, no teníamos como... ni maquinaria	
		Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:03:47	qué pasa con esa compuerta y me dice no puede ser los sellos de la compuerta, entonces yo me pregunto y cuando hubo el emergencia revisamos los sellos, no, no se hizo, entonces uno dice puede ser pudo haber aprovechado esa parada tan grande	
		Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:04:53	nosotros también tenemos un problema de sedimentos importante en el embalse que pudimos haber hecho un dragado en seco de algunos sectores, pero ese día ni siquiera se revisó	
		Aspectos de aprendizaje o mejora	E1-LAVC-P	00:32:41	que haya un director de un proyecto como éste, un director que pueda entenderse con todas las demás personas pero que sea con una exclusividad y que sea como con una tensión diaria, a recuperar esto de forma más rápida	
		Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:21:33	En cuanto en cuanto a la reparación como tal, me parece que ahí fue donde falló el director, ósea, ya en el tema operatividad de mantenimiento y de todas las obras anexas o de todas las actividades anexas que se hicieron a la reparación del túnel, fue lo que me pareció que estaba, que le faltaba esa pieza que lo dirigiera	
		Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:23:12	primero creo que esta responsabilidad, pues, efectivamente era la persona de pequeñas centrales hidroeléctricas, pero también hay un entendimiento, y es que esa persona no tiene los recursos necesarios para poder delegar o haber asumido esa responsabilidad como tal	
		Como se intervino en realidad	E3-CHS-P	00:13:02	Yo creo que lo que pasó es falta de Liderazgo, para de pronto tomar control y posesión de lo que tenía que hacerse, ósea, de liderar un grupo de trabajo donde había muchas personas involucradas	
		Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:12:22	pues lo que yo entiendo es que finalmente al jefe de área le toca asumir muchas veces ese rol de manera forzada, pero uno de los ingenieros pues de plantas que se hubiera dedicado a eso, no	
		El deber ser de la intervención del siniestro	E5-CHZ-F	00:12:03	Entonces debe ser una persona que debe estar, digámoslo así, si lo vemos desde un punto de vista de proyectos, una persona que lidere un equipo de trabajo interdisciplinario, que se encargue de saber cuáles son los pormenores de eso y que cada persona que este bajo su cargo, pues le reporte cada uno de los, digamos, de los temas que tiene que abordar de cada disciplina	
		El deber ser de la intervención del siniestro	E8-JCPR-F	00:12:58	en un mundo ideal crear un director de proyectos, puede ser externo o de la misma área con conocimiento, sacarlo de su cotidianidad de actividades diarias y conseguir una persona o una cadena de reemplazos hasta llegar a reemplazarlo y dejar una sola persona encargada digamos del proyecto, sin su día a día que lo consumiera, ese sería como el ideal, y yo pensaría que un director del proyecto solo enfocado en este tema, respirando y pululando por el correctivo de esta falla pudiera haber sido más efectivo	
		El deber ser de la intervención del siniestro	E5-CHZ-F	00:14:07	debe ser un personal que este dedicado a eso, ósea, que no tenga otro foco de interés en otras o de hacer otras actividades diferentes, debería enfocarse solamente en la recuperación y en la identificación de lo que ocurrió para que eso no vuelva a ocurrir	
		Participantes y metodologías de intervención	E8-JCPR-F	00:02:33	activamos un grupo como interdisciplinario de todas las áreas de la empresa, que no sólo empezó a convocar al personal interno del área de operación, mantenimiento, planificación, socio-ambiental, sino que empezamos a convocar otras áreas de la empresa que nos pueden ayudar con los correctivos	
		Como se intervino en realidad	E1-LAVC-P	00:47:34	yo me encontraba con muchas cosas, que no encontraba bien, yo por ejemplo estuve en vacaciones en el período entre marzo y abril, un mes estuve por fuera, cuando yo regresé de mis vacaciones y encontré que no habían hecho nada, que todo estaba igual, ósea, no se habían gestionado cosas diferentes	
		El deber ser de la intervención del siniestro	E2-NSAR-P	00:18:08	me imaginaba más una dirección, como una estrategia más clara para la atención de la contingencia	
		Como se intervino en realidad	E3-CHS-P	00:09:37	nombraron una persona, líder del proyecto, pues de la actividad, pero no se vio realmente como el trabajo que se debió haber hecho	
	J	Como se intervino en realidad	E10-JLP-F	00:13:56	fruto de la planeación inicial pues sufren una serie de actividades que se ejecutan en los diferentes campos, como le mencionaba el mecánico, el eléctrico, en la ambientales, el de contratación, el civil, entonces digamos que ahí se empiezan a generar unos equipos pequeños que van dando respuestas, a veces creo que ahí iba muy bien la cosa pero la coordinación de estos equipos es compleja, porque a veces unos dependen de otros, o cada equipo no tienen la visión total del problema sino solamente la suya, entonces digamos que ahí es donde una coordinación muy estrecha	No se elaboró una adecuada planeación para la recuperación del túnel de curazao. Se identificaron fallas en la asignación de recursos, en la programación de actividades, no se estructuró un equipo de proyecto, no se planificó la comunicación, se tuvieron dificultades en la contratación, entre otras. Lo anterior denotó que no se siguió ninguna metodología de planeación de proyectos.
		Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:18:39	Aunque todos sabíamos que teníamos que, por así decirlo, no todos sabíamos en qué tiempo teníamos que hacerlo y en qué tiempo se iban a sincronizar	
		El deber ser de la intervención del siniestro	E10-JLP-F	00:07:38	debería haber una estructura formal de un comité de atención, digamos que este comité recayó rápidamente en el jefe de área, en estos días yo hacía la reflexión del comité de atención de esa urgencia, lo pudo haber liderado cualquier otro profesional digamos sin tanta carga, no, digamos pudiera sustituirse de sus actividades rutinarias a atender este negocio no más	
		El deber ser de la intervención del siniestro	E5-CHZ-F	00:12:16	sería el líder de equipo, pero ese líder de equipo debe ser una persona que tenga una visión global y un conocimiento exhaustivo de como es el funcionamiento y la operación, no solamente de la válvula como tal, sino de ahí para atrás de todo el conjunto macro de lo que corresponde a la infraestructura total, entonces ese equipo de trabajo debería estar conformado por un ingeniero civil, que pues es el que debe conocer la estructura física de eso, alguien - otra persona que tenga que ver, no sé... que conozca de terrenos, no sé si es un geólogo o algo por el estilo, también hay que pensar en la parte mecánica para el tema de estuario y sus situaciones y obviamente la parte eléctrica que es la parte de control, que es el que de una u otra manera, me garantiza la operatividad de un equipo como ese	
		Como se intervino en realidad	E6-MLOLF	00:15:18	en este caso digamos que también porque si bien no hubo una estructura definida por el jefe de área, esos cinco meses casi todos trabajamos... nos volcamos a lo de Insula digamos las otras plantas segulan operando a media máquina, con la mitad del agua, seguimos atendiéndonos como tal	
		El deber ser de la intervención del siniestro	E7-NCO-F	00:07:06	lo que se debió haber hecho desde un principio fue constituir un equipo de trabajo, el cual definiría el cronograma, todas las actividades a seguir y pues un equipo de trabajo con una dirección y con unos encargados dos de los lotes de trabajo... y con unos responsables de unos lotes de trabajo que trabajaran pues muy articulados, reportándole al jefe de área para tener como un norte muy claro	
		Aspectos de aprendizaje o mejora	E1-LAVC-P	00:40:20	Cuando hacemos la parada para atender esto, pues, yo lo que observé es que no hay una planeación adecuada, entonces nos quedamos corticos en el tiempo y con los recursos como muy limitados	
		Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:30:33	La falta de recursos, la falta recurso humano, más que todo, y la falta de planeación. Puede que incluso en ese momento hubiéramos podido designar a alguien, pero no lo hicimos	
		Aspectos de aprendizaje o mejora	E2-NSAR-P	00:47:25	creo que desde el principio deberían designar a alguien, ósea, decirle, si está a cargo de un equipo, si está a cargo de sus actividades, de lo que sea, sacarlo o puede que no sea completamente	
		Como se intervino en realidad	E3-CHS-P	00:08:59	falló involucrarse mucho más la parte de la planeación, que, para ser un proyecto de gran tamaño, pues ya se volvió un proyecto, sabemos que se iba a demorar mucho tiempo, iban a haber unos costos altos, creo que debió haber tenido una planeación diferente, o por lo menos el área de planeación, el centro o grupo de trabajo hubiera podido apoyar de manera diferente	
		Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:03:47	la emergencia empezó el 28 de febrero, y yo pues desde mi óptica, mi perspectiva, veo que solamente se empezó a trabajar como en forma, como a partir de mayo	
		Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:05:53	lo que comentan pues los demás ingenieros encargados, es que había muchas cosas por atender y que se trato de priorizar, pero yo considero que todo parte de una mala planeación y de que no hay una buena comunicación entre los equipos de trabajo	
		Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:22:19	Y otra de las cosas es que nos falta mucho desde la planeación, yo pienso que los otros equipos de trabajo, para bien o para mal, son como del día a día y pues ruedan, pero en esos equipos de trabajo se está cargando la planeación, cuando tenemos un equipo de trabajo que se encarga de... se debería encargar de eso	
		Como se intervino en realidad	E5-CHZ-F	00:17:51	primero pues tratamos a apagar el incendio y luego no, como el incendio no sé pudo apagar reunámonos a ver realmente que vamos a hacer, ahí en ese momento es cuando se da una planificación para el tema de recuperación. Pero planeación... esa planeación se da por islas, no es una planificación integrada, sino que yo veo a raíz de que fulanto de tal va a tener que hacer tal intervención, entonces usted fulanto de tal con su equipo, trate de hacer esto y fulanto de tal trate de hacer aquello, mientras que la falla que es la que supuestamente es mas grave se normaliza	
		Como se intervino en realidad	E6-MLOLF	00:07:24	digamos que como la parada de la planta, pues, iba a ser bastante larga de febrero a agosto, pues claro empezamos a ejecutar muchas tareas de oportunidad que requerían toda la planta parada	
		Como se intervino en realidad	E8-JCPR-F	00:14:54	si se adoleció mucho de la parte de planeación, de pronto dentro de la misma área la asumiera otra área que no fuera de operación y mantenimiento por su día a día, si no dentro del área de planeación misma asumir este rol de la figura, no lo hubo	
		El deber ser de la intervención del siniestro	E9-IDP-J-F	00:26:07	la última fase de puesta en servicio, esa fase de puesta en servicio debe tener un proceso de comisionamiento, donde se involucre personas de operación y mantenimiento desde el principio desde etapas de diseño, entonces si las obras que se plantean no se le informan a operaciones mantenimiento va a ser... puede ser un complot porque lo que se está mirando es algo que puede tener una afectación durante el resto de la vida útil de los activos que estamos hablando, dentro de los próximos 30 o 40 años más que puedan durar las obras que se van a hacer y que va a tener una afectación en la operación en el mantenimiento	

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Observaciones (continuación)

No. Observación Consolidad	categoria principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatims	OBSERVACIONES
K	Identificación de causas	E10-JLP-F	00:35:45	nos hace falta es documentación, entonces no tenemos un correcto almacenamiento de predios propios ni de predios vecinos, entonces cuando ocurre esto toca correr a buscar escrituras, servidumbres, mapa predial, si es razonado, entonces eso nos toma tiempo y nos dificulta la acción	El área no cuenta con un repositorio de información donde fácilmente pueda consultar temas como planos de diseño, memorias de calculo, análisis de otros mantenimientos correctivos y tampoco se cuenta con información actualizada de estudios de títulos que le permitan tener claridad sobre el estado jurídico de predios y servidumbres. La responsabilidad de consolidación, actualización y custodia de esta documentación debe ser asumida por un equipo de trabajo del área, para que sirva de fuente de información para su personal.
	Identificación de causas	E10-JLP-F	00:35:45	cuando fuimos a atender el daño hubo irse que buscar en planos de papel por allá refundidos donde había un plano del túnel, de por donde pasaba, que donde quedaban las compuertas, no reconocíamos toda la infraestructura ni todos los puntos de entrada y salida, eso una dificultad grande y los diseños de las de las compuertas y de las unidades mecánicas e hidráulicas eso es un tema complejo	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E1-LAVC-P	00:46:51	que deberíamos también considerar, tener, es una, dónde debe reposar toda la información de todo lo que se hizo, porque yo tengo información, Nicolás tiene información, mantenimiento tiene información, deberíamos tener un punto de acopio de esa información	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E4-VRL-P	00:25:20	no se ha hecho un repositorio donde para cualquiera sea fácil encontrarla, entonces nosotros si hablamos mucho de eso, se hacen los proyectos y las cosas pero la información queda en el computador de cada uno de los que se encargo, pero no es visible a todos los demás y no debería ser así	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E5-CIHZ-F	00:44:26	nosotros interiorizamos muy bien por que sabemos hacer las cosas, Sebastián, pero el problema que tenemos nosotros es que no documentamos lo que hacemos	
	Como se intervino en realidad	E6-MLOL-F	00:12:43	entonces digamos que para eso son muy importantes las visitas que hacen las compañías de seguros a las plantas, cada año las compañías de seguros vienen a las plantas vienen a una planta, vienen a la otra, un año vienen a esta el otro año vienen a la otra, y ellos lo que hacen es que hacen unas recomendaciones desde su punto de vista este expertos, entonces claro digamos lo que nosotros debimos de haber tenido, más que estar preparados para siniestro, es haber tenido una conducción mejor monitoreada, por un lado, el segundo lado debimos haber tenido definidos en los tiempos de, digamos, de operación de los equipos	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E6-MLOL-F	00:44:51	tener eso como documentado, cierto, cosa que al día de mañana que nos suceda algo y venga pero ya venia en este plan, yo ya estaba haciendo esto, yo ya estaba haciendo lo otro, ya estaba comprando este equipo para monitorear no se que, yo ya estaba haciendo un proyecto para de tal cosas para volver a reforzar la estructura de conducción, yo ya había hecho una prueba de no se que en la tubería, porque que pasa Sebas, creo que todos hacemos mucho trabajo todo ese trabajo está encaminado a mitigar riesgos y no tenemos quien consolide quien nos mantenga eso como en orden, es una cosa que me queda ahí como en el aire	
	Como se intervino en realidad	E7-NCO-F	00:33:06	hay una ambigüedad y como en esa época digamos que la palabra tenía mucho valor, entonces pues había algunas cosas que no estaban documentadas de la mejor manera y no estaban legalizadas, entonces lo otro es que si están legalizados pues bueno en donde? en Chinchiná, en Manizales, en qué notaría? el nombre del predio, quiénes eran los propietarios?, o sea, las personas que estamos hoy no tenemos idea quiénes eran los actores de la época	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E7-NCO-F	00:35:05	ese asunto del golpe de ariete pues hombre uno no se imaginaba que en una caída de 15 metros, pues yo por lo menos, viene ahí casi horizontal son 15 metros y yo no sé qué análisis hicieron los que mortaron el automatismo de la válvula y la dejaron pues con ese tiempo con el tiempo que tenía	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E9-IDPJ-F	00:46:36	esto se podía evitar si en el año 2008 que sucedió el evento anterior, 2012 cuando se repotenció la válvula de curazao, se hubiera hecho un pues un análisis completo ingeniería sobre sobre lo que implicaba cerrar esa válvula en determinados tiempos o no	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E4-VRL-P	00:25:20	en el área es increíble que llevemos todo este tiempo al servicio y uno va y pregunta disque un plano y eso es una locura encontrar la última versión del plano	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E2-NSAR-P	00:27:03	recuperar los libros de diseño, nadie conocía los libros de diseño de esa planta hasta ese momento	
	Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:25:20	el libro del diseño de la planta insula, aquí tenemos profesionales eléctricos, civiles, mecánicos que llevan treinta y pico de años en la organización y ello no conocían ese documento	
	Como se intervino en realidad	E7-NCO-F	00:33:06	hay una ambigüedad y como en esa época digamos que la palabra tenía mucho valor, entonces pues había algunas cosas que no estaban documentadas de la mejor manera y no estaban legalizadas, entonces lo otro es que si están legalizados pues bueno en donde? en Chinchiná, en Manizales, en qué notaría? el nombre del predio, quiénes eran los propietarios?, o sea, las personas que estamos hoy no tenemos idea quiénes eran los actores de la época	
	Identificación de causas	E10-JLP-F	00:35:45	nos hace falta es documentación, entonces no tenemos un correcto almacenamiento de predios propios ni de predios vecinos, entonces cuando ocurre esto toca correr a buscar escrituras, servidumbres, mapa predial, si es razonado, entonces eso nos toma tiempo y nos dificulta la acción	
	Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:16:45	nosotros ahí no tenemos claro las servidumbres que tenemos, de una infraestructura que lleva setenta y pico de años en servicio	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E9-IDPJ-F	00:46:36	esto se podía evitar si en el año 2008 que sucedió el evento anterior, 2012 cuando se repotenció la válvula de curazao, se hubiera hecho un pues un análisis completo ingeniería sobre sobre lo que implicaba cerrar esa válvula en determinados tiempos o no	
Como se intervino en realidad	E6-MLOL-F	00:12:43	entonces digamos que para eso son muy importantes las visitas que hacen las compañías de seguros a las plantas, cada año las compañías de seguros vienen a las plantas vienen a una planta, vienen a la otra, un año vienen a esta el otro año vienen a la otra, y ellos lo que hacen es que hacen unas recomendaciones desde su punto de vista este expertos, entonces claro digamos lo que nosotros debimos de haber tenido, más que estar preparados para siniestro, es haber tenido una conducción mejor monitoreada, por un lado, el segundo lado debimos haber tenido definidos en los tiempos de, digamos, de operación de los equipos		

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Observaciones (continuación)

No. Observación Consolidada	categoria principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatim	OBSERVACIONES
L	Identificación de causas	E10-JLP-F	00:35:45	CHEC históricamente en un pasado tenía un comportamiento muy arbitrario entonces le ponía una torre en la finca de tal y le mochaba dos palos de mango y ese pasado nos persigue muy frecuentemente	No se presentó la colaboración esperada por parte de los propietarios de las fincas por donde cruza el túnel de curazao. Esta actitud se debió a intereses económicos de los dueños o por el comportamiento arbitrario, que según los propietarios, la CHEC tuvo en algún momento de su historia.
	Identificación de causas	E8-JCPR-F	00:04:27	un vecino se llama Mauricio Gutiérrez y el señor, pues primero se le afecto su infraestructura pero siempre fue muy complejo la negociación con él y muy complicada, entonces tocaba ser una especie de negociaciones que se fueron muy difíciles, siguen siendo difíciles hoy día, y no nos permitió nunca el ingreso al predio, puso todos los problemas y trabas porque obviamente quería una restitución de dineros que están por encima de cualquier valor que pudiera ser aprobado por la empresa, que pudiera tener dificultades después para una auditoría o una contraloría dónde lo revisaran por qué usamos los dineros, entonces con la dificultad con la negociación con este señor decidimos hacer los trabajos correctivos al interior del túnel	
M	Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:54:11	y cosas que no debemos repetir también, temas de recibir equipos que no sabemos cómo se operan. El dispositivo sobrevelocidad no sabíamos cómo se operaba	Se identificaron fallas en la recepción de los trabajos realizados en la válvula curazao y en los elementos de protección instalados complementarios de esta (sistema de control válvula y sensor de sobrevelocidad), pues no se documentaron ni los cálculos ni calibración de estas labores.
	Identificación de causas	E5-CHZ-F	00:07:03	ya después hubo una intervención pues con respecto a la parte mecánica, que tenía que ver con la potencia que se requería, y me refiero a la potencia hidráulica para poder abrir y cerrar la válvula, pues se hizo una intervención para que pudiera realmente operar la válvula como debería ser, dentro de unos tiempos estipulados, ni siquiera tiempos estipulados, simplemente lo que se pretendía era que la válvula cerrara y la concepción que teníamos era que cerraría en el menor tiempo posible.	
N	Aspectos de aprendizaje o mejora	E6-MLOL-F	00:12:43	que son puros elementos de corte que realmente nosotros todavía no....., es una de las tareas que no quedo digamos del siniestro, no hemos hecho el estudio hidráulico de cómo se debe operar la conducción, que debo cerrar primero que debo cerrar después, cuánto es el tiempo de cierre mínimo de está válvula, cuánto es el tiempo máximo	Ante la causa raíz presentada que generó la falla del túnel, se vio la necesidad de realizar un estudio hidráulico para todo el sistema de generación de la central insula. Lo anterior es para identificar la correcta operación de sus componentes para tener un funcionamiento óptimo de estos para asegurar la confiabilidad de dicha central.
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E7-NCO-F	00:35:05	el tema de los análisis de los hidráulicos, de las conducciones entonces es un tema que cobra importancia, pues ese asunto del golpe de ariete pues hombre uno no se imaginaba que en una caída de 15 metros, pues yo por lo menos, viene ahí casi horizontal son 15 metros y yo no sé qué análisis hicieron los que montaron el automatismo de la válvula y la dejaron pues con ese tiempo con el tiempo que tenía	
O	Como se intervino en realidad	E10-JLP-F	00:20:33	los olores que se levantaron a los días de tener el lago vacío, eso fue una contingencia bastante compleja, nos costo cerca de 15 días solucionarla y digamos que aprendimos a hacer esa labor pero mucho tiempo, nos costo mucho trabajo acceder a los recursos físicos para hacerlo pero finalmente la logramos coger	No existe un plan de contingencia asociado a los olores ofensivos producto de la falta de agua en los lagos sur y norte del embalse carneaguada. Este plan debe surgir como producto de un análisis integral de riesgos ambientales de la infraestructura asociada a la central insula. Se resalta la sinergia que se obtuvo con EMAS para el tratamiento de estos olores.
	Como se intervino en realidad	E10-JLP-F	00:07:38	en el caso ambiental que tuvimos cuando se bajaron los niveles de los embalses, entonces empezaron a haber unos olores, nos tocó crear un plan de contingencia para atención de esos olores, entonces precisamente esos planes en la ley se estipula que se crean en esos momentos, no, pero uno podría tener unas directrices generales para atender las contingencias.	
	Como se intervino en realidad	E10-JLP-F	00:20:33	los olores que se levantaron a los días de tener el lago vacío, eso fue una contingencia bastante compleja, nos costo cerca de 15 días solucionarla y digamos que aprendimos a hacer esa labor pero mucho tiempo, nos costo mucho trabajo acceder a los recursos físicos para hacerlo pero finalmente la logramos coger	
	Alternativas de solución	E10-JLP-F	00:27:12	uno de nuestros profesionales tuvo la idea de contactar a EMAS, que es la que opera el relleno sanitario Manizales, para preguntarle qué cómo hacían ellos para gestionar este tipo de problemas de olores, EMAS tuvo la excelente voluntad de ir a ver el problema del embalse con dos de sus ingenieros y nos compartieron su tecnología y su saber, ellos utilizan además de la cal agrícola, utilizan un líquido encapsulador de olores, como por decirlo así un desodorante líquido, y la aplicación se hace con una fumigadora a gasolina que se montan en la espalda	
	Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:00:52	atendiendo la contingencia que se produjo en los lagos a partir de los malos olores que se produjeron por haber bajado los niveles del embalse	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E2-NSAR-P	00:07:59	Se realizó, en ese marco de esa contingencia se hizo una propuesta para el plan de manejo de esos malos olores, y por ello también se incluirán también en la actualización del plan de manejo	
	Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:09:24	Y también tuvimos la ayuda de EMAS, con el ecomate	
P	Aspectos de aprendizaje o mejora	E2-NSAR-P	00:31:05	primero nosotros nunca habíamos visto la necesidad de hacer un análisis de causa raíz, ese es como mi primera lección aprendida	El área de generación deberá construir e implementar metodologías de análisis y de documentación para generar una fuente de consulta para sus colaboradores. Se deberá capacitar en estas metodologías para desarrollar las capacidades y cultura en su personal. Lo anterior se volverá pilar fundamental para el mejoramiento continuo del área
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E7-NCO-F	00:39:52	nosotros dentro del área pues deberemos desarrollar experiencia para los análisis de causa raíz	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E7-NCO-F	00:39:52	nosotros dentro del área pues deberemos desarrollar experiencia para los análisis de causa raíz	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E2-NSAR-P	00:31:05	primero nosotros nunca habíamos visto la necesidad de hacer un análisis de causa raíz, ese es como mi primera lección aprendida	
Q	Como se intervino en realidad	E6-MLOL-F	00:30:57	entonces ya digamos empezó el tema de Geotúneles, empezó el tema de la reparación del túnel, digamos que derivado de esto nosotros hicimos algunos análisis también de confiabilidad en la válvula de Curazao y decidimos implementar allá algunas mejoras, recuperamos algunos equipos, instalamos unos equipos de monitoreo de energía, entonces ya cada vez que se va la energía en la válvula los operarios de la planta saben y podemos dejar la válvula sin energía el menor tiempo posible	Se logró hacer un uso óptimo del tiempo que estuvo la central insula por fuera de servicio, mediante la programación de mantenimientos que por la situación se lograron programar. Para el área de generación es vital aprovechar cualquier parada de máquina para realizar y adelantar trabajos, esto con el fin de evitar pérdidas de producción con nuevas paradas.

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Observaciones (continuación)

No. Observación Consolidada	categoria principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatims	OBSERVACIONES
R	Aspectos de aprendizaje o mejora	E4-VRL-P	00:08:09	en estas organizaciones, no es tan sencillo como decir contrato otro ingeniero y venga atiéndalo, porque se requiere un conocimiento del sistema como tal	Se identificó la necesidad de crear un plan de carrera en donde se haga una entrega optima del puesto, una documentación del trabajo realizado y de la historia laboral. Esto evitará inconvenientes en el desarrollo futuro del la albor asegurando la continuidad y confiabilidad de esta gestión.
	Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:16:45	me pareció muy critico que la interventoría y la supervisión del otro contrato tuvo cierta conciencia, porque la ingeniera Marinela salió la organización, ella le hizo la supervisión hasta un punto al contrato, luego se lo entregó a otra compañera, sin un empalme adecuado en que iba la supervisión, y eso nos vio abocados a tener muchas diferencias y discusiones con el contratista consultor	
	El deber ser de la intervención del siniestro	E8-JCPR-F	00:12:58	en un mundo ideal crear un director de proyectos, puede ser externo o de la misma área con conocimiento, sacarlo de su cotidianidad de actividades diarias y conseguir una persona o una cadena de reemplazos hasta llegar a reemplazarlo y dejar una sola persona encargada digamos del proyecto, sin su día a día que lo consumiera, ese sería como el ideal, y yo pensaría que un director del proyecto solo enfocado en este tema, respirando y pululando por el correctivo de esta falla pudiera haber sido mas efectivo	
	Como se intervino en realidad	E8-JCPR-F	00:17:53	la ingeniera civil de mantenimiento civil del área, con mucha experiencia, que iba a salir pensionada en el mes de enero o febrero mejor dicho, coincidió con la falla, con la persona logramos hacer una negociación y autorización a través de la gerencia que quiera estar con nosotros unos meses más mientras la contingencia	
S	Aspectos de aprendizaje o mejora	E10-JLP-F	00:34:24	debemos hacer diagnósticos periódicos del estado de nuestra infraestructura y desde la mirada de riesgos es muy importante, porque nos pueden ocurrir fenómenos como éste, como la ruptura de un canal, como una falla en alguna de las estructuras de contención de agua, entonces digamos que con diagnósticos mas rutinarios de la infraestructura podríamos avizorar eso un poquito más	Es necesario realizar mantenimientos preventivos y predictivos en los activos de conducción de agua de las central Insula, ya que estos por su longitud e importancia económica para el negocio se convierten en activos criticos para la empresa. De igual forma se deberán revisar las rutinas que existen actualmente para incluir aquellas necesidades identificadas en este evento para asegurar que estas cubran lo requerido para obtener la confiabilidad de estas conducciones.
	Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:52:19	El temor que tenían los mecánicos de operar esa compuerta era gigante, porque la experiencia nos ha dicho que cuando cerramos una compuerta puede que no abra	
	Como se intervino en realidad	E3-CHS-P	00:17:16	hay personas muy reacios a impedir los mantenimientos con inspección, de cuenta de no suspender la conducción	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E3-CHS-P	00:17:16	algo muy importante que pronto a mucho nos cuesta entender, ósea, suspender la conducción anualmente cada 2 o 3 años, aunque genera un impacto grande para la producción, para la generación, debemos hacerlo porque eso nos evita de pronto trabajos de muchos más meses	
	Como se intervino en realidad	E6-MLOL-F	00:04:14	ya lo de la compuerta tuvo otro tema pues que hay que darle doble click, por que es un tema ya de historia del negocio y pues por lo menos la generación de ingenieros que estamos hoy al frente, nunca hemos tenido que operar esa compuerta	
	Como se intervino en realidad	E6-MLOL-F	00:12:43	entonces digamos que para eso son muy importantes las visitas que hacen las compañías de seguros a las plantas, cada año las compañías de seguros vienen a las plantas vienen a una planta, vienen a la otra, un año vienen a esta el otro año vienen a la otra, y ellos lo que hacen es que hacen unas recomendaciones desde su punto de vista este expertos, entonces claro digamos lo que nosotros debimos de haber tenido, más que estar preparados para siniestro, es haber tenido una conducción mejor monitoreada, por un lado, el segundo lado debimos haber tenido definidos en los tiempos de, digamos, de operación de los equipos	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E9-IDPJ-F	00:03:27	no habian rutinas de mantenimiento, las inspecciones pues que se habían hecho el túnel pues están muy atrás y pues digamos que no tenían un enfoque para lo que se presentó	
	Como se intervino en realidad	E1-LAVC-P	00:40:20	cuando en el sistema de generación nosotros hacemos unos planes de mantenimiento, estos planes de mantenimiento se hacen para atender, digamos que, la mayor cantidad de actividades posible, pero a veces son tan cortos los tiempos, o también tan escasos los recursos que no alcanzamos a cubrir la cantidad de actividades necesarias	

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Observaciones (continuación)

No. Observación Consolidada	categoría principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatim	OBSERVACIONES
T	Participantes y metodologías de intervención	E10-JLP-F	00:02:53	no conozco un protocolo para ruptura de tubería, pero digamos que si se echa mano de algunos otros protocolos, de pronto no están tan formalmente constituidos pero por ejemplo el descenso del nivel del embalse debe hacerse a unas velocidades específicas, el aseguramiento de puertas y compuertas se hace con algunas metodologías, pero digamos que esta contingencia me parece que era totalmente nueva para los para los protocolos que teníamos en su momento.	No existe un protocolo integrado de emergencia que facilite la gestión de reacción frente a un evento no deseado y que se articule con los planes de continuidad del negocio. Debe ser una guía entendible que identifique el paso a paso a seguir y que este enfocado en los activos con criticidad alta, según el análisis de riesgo realizado al sistema de generación de CHEC
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E1-LAVC-P	00:45:46	yo considero que deberíamos activar un protocolo, que exista un protocolo que lo que a uno, vea hay que avisar a tal, hay que avisar tal otro, porque a uno se le pasan cosas, si existe el protocolo, es simplemente una lista de chequeo	
	Participantes y metodologías de intervención	E5-CHZ-F	00:03:48	No, algún tipo de protocolo no, pues básicamente hay una situación que se presentó y cuando se presenta algún tema un evento o una falla de los subsistemas o sistemas del sistema de generación, lo primero que hay es una comunicación por parte de los operadores, donde dice que puede estar ocurriendo para que el equipo de mantenimiento pues vaya allá y haga la revisión respectiva, dependiendo del personal que haya disponible en ese momento, se coordina la actividad basados en que ahí se hace alusión a la falla que reporta el operador y se va y se coordina con el personal que este disponible, como le digo, y se va a sitio para determinar que pudo haber ocurrido, pero un protocolo pues así específico, específico no existe, básicamente eso es lo que se hace	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E5-CHZ-F	00:43:09	algún tipo de protocolo que diga de que manera se deben atender cualquier cosa, pero cualquier cosa no, me refiero a activos que son tan importantes, deberían tener dentro de la documentación, una atención un protocolo de atención para poder hacerlo	
	Participantes y metodologías de intervención	E8-JCPR-F	00:04:27	digamos ese es un procedimiento que no está escrito pero que casi que siempre hay una emergencia en el área, pues se activan como los diferentes mecanismos para para hacer esto...	
	Participantes y metodologías de intervención	E8-JCPR-F	00:04:27	...no esta escrito como un procedimiento pero lo tiene inmerso como el ADN del área, por tantas dificultades que se han tenido a lo largo de la historia se activaron esos frentes y esa atención de la emergencia con unos procedimientos que va muy desde la experiencia, el quehacer y el día a día de la empresa, entonces, una falla que por menor que sea lo primero que uno hace es reportar al seguro y se comunica a los ingenieros de mantenimiento principalmente, y eso desencadena una serie de acciones que no están escritas en ningún procedimiento pero que si digamos fluyen de manera muy rápida en el área en su día a día	
U	El deber ser de la intervención del siniestro	E1-LAVC-P	00:15:15	no se conoce un plan de contingencia para atender este tipo de eventos	No existe un plan de contingencia asociado al evento presentado en el túnel de curazao. Este plan debe surgir como producto de un análisis integral de riesgos realizado sobre la infraestructura asociada a la central Insula. Con esto se busca conocer los riesgos del sistema y mitigar los efectos causados por la materialización de estos riesgos.
	Como se intervino en realidad	E1-LAVC-P	00:31:05	en Insula no lo conozco, no lo conocíamos. Pero yo cuando trabajé con Esmeralda y San Francisco, nosotros teníamos protocolo de puesta en servicio. Entonces esas cosas se consideraban, y sabíamos qué tanta agua iban despachando. Pero en este en esta situación de Insula, no teníamos conocimiento. Existió un protocolo, pero no con tanto detalle como lo seguimos en este proceso	
	Participantes y metodologías de intervención	E6-MLOL-F	00:02:57	Pues digamos que como protocolo dónde este escrito como el paso a paso de que hacer, pues nosotros tenemos es documentado son unos planes de continuidad del negocio, para ciertos eventos, cierto? Entonces tenemos plan de continuidad para... en el caso de la... por poner un ejemplo, rotura de tubería de San Francisco, tenemos caso de continuidad del negocio, documentado en caso de que haya una intoxicación masiva del personal, entonces claro, tenemos algunos escenarios documentados pero digamos este de curazao en su momento, pues no sé tenía comentado, entonces se opto por hacer lo que tradicionalmente se hace	
	Participantes y metodologías de intervención	E6-MLOL-F	00:04:14	lo que sucedió fue que digamos por esa noche no fue mucho lo que pudimos hacer porque lo que se hizo fue cerrar las compuertas del Lago Sur a la mira y verificar que la válvula estuviera cerrada, al otro día llegamos empezamos a hacer reuniones, visitas al sitio y claro ahí donde determinamos, después de analizar y ver las variables, que lo más adecuado era cerrar la compuerta Veracruz	
	Participantes y metodologías de intervención	E7-NCO-F	00:02:18	yo creo que protocolos para atender la situación en particular, el área no disponía de ellos, que es lo que considero.	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E10-JLP-F	00:34:24	debemos hacer diagnósticos periódicos del estado de nuestra infraestructura y desde la mirada de riesgos es muy importante, porque nos pueden ocurrir fenómenos como éste, como la ruptura de un canal, como una falla en alguna de las estructuras de contención de agua, entonces digamos que con diagnósticos mas rutinarios de la infraestructura podríamos avizorar eso un poquito más	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E2-NSAR-P	00:08:18	efectivamente creo que no lo teníamos contemplado dentro de nuestros impactos	
	Participantes y metodologías de intervención	E7-NCO-F	00:02:18	es una estructura pues muy antigua también que pues siempre se le ha reconocido la bondad en cuanto a la construcción y nadie se imaginaba que un túnel podía presentar una situación de las que de las que vivimos	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E6-MLOL-F	00:44:51	tenemos una tarea importante es que tenemos ya muchos riesgos identificados, cierto?, y lo más importante es que tenemos que trabajar en la mitigación de esos riesgos, porque el próximo siniestro pues no va a avisar cuando es, entonces nosotros si no trabajamos en todos esos riesgos y en todas esas lecciones y riesgos identificados, entonces pues nos va a coger una contingencia igual o peor, entonces... hoy, al día de hoy tenemos riesgos en la conducción, cierto? y creería yo, creería yo que esto ya es un tema que se deben volver a retomar y volver a mirar, venga como vamos con estos riesgos que quedaron identificados, que vamos a hacer para mitigar este	

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Observaciones (continuación)

No. Observación Consolidada	categoría principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatim	OBSERVACIONES
V	Como se intervino en realidad	A1-CCI	Acta No. 1	Esta acta es del 4 de junio, 3 mese después de ocurrido el evento, no hay actas anteriores. En esta se hace énfasis en el tema de costos, no se tocan otros temas relacionados con la recuperación	El seguimiento y control del evento del túnel de curazao no estuvo bien planeado, pues a pesar de que se realizaron reuniones de seguimiento y se levantaron actas, no se formalizó la metodología a utilizar al igual que los asistentes, la periodicidad de realización y los temas a revisar. La información documentada en las reuniones no se socializo con el equipo de trabajo involucrado en la recuperación del túnel, a demás la no posee una buena trazabilidad.
	Como se intervino en realidad	A2-CCI	Acta No. 2	En esta acta del 7 de junio se estaban apenas elaborando las ordenes de trabajo, labor que se debió haber hecho desde un principio, con el fin de poder costear tanto el recurso humano como los materiales utilizados. No se hace uso de las herramientas existentes para el seguimiento de proyectos como es el MS Project, pues el cronograma se hizo en este pero el seguimiento en Excel. Falto acompañamiento para el seguimiento y control de este proyecto en cuanto a metodologías y herramientas. Las obras comienzan el 10 de junio, 3 meses y medio después de ocurrido el evento. Este tiempo transcurrido fue debido a entender el problema y buscar la solución. Falto planeación para este tema	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E6-MLOL-F	00:26:37	dentro del seguimiento se trataban pues básicamente unos 3 o 4 temas importantes el primero era el seguimiento a la recuperación, y el segundo era el seguimiento a los trabajos de oportunidad, el tercero era el tema social y ambiental y el cuarto era el del lucro cesante, entonces digamos que eso nació como una experiencia que se capitalizó de un siniestro anterior y que yo creo que fue muy valiosa	
	Como se intervino en realidad	E10-JLP-F	00:18:51	Si, sí había uno, pero digamos que no formal, digamos que el seguimiento lo articula el jefe de área y citaba a quién es estimada pertinentes para cada reunión, pero digamos no existía la formalidad del comité de seguimiento es este, esta persona va a llevar las memoria, sino que se iba haciendo sobre la marcha, entonces creo que las cosas aunque se fueron dando, pues se generaron de manera espontánea y atendiendo a la necesidad, más no fruto de una planeación cómo tal	
	Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:27:03	inicialmente empezamos muy juiciosos semanalmente, cuando ya empieza el tema de la recuperación, pues, se tienen que aplazar un poco más las reuniones	
	Como se intervino en realidad	E3-CHS-P	00:10:12	pero yo digo que el seguimiento fue muy poco, el seguimiento a esas actividades fue que, si sea una reunión semanal, pero era más como lo que uno iba informando,	
	Como se intervino en realidad	E5-CIHZ-F	00:23:55	Las comunicaciones, pues no, básicamente es algo...no es que se haya definido la forma de hacer las cosas, nunca se dijo necesitamos generar un informe diario de como van las actividades, nunca se dijo como habían que presentar los informes, si estábamos basados en un cronograma para poder cumplir los hitos y las actividades dentro de la recuperación, porque esta recuperación se volvió, digamos, un proyecto, pero un proyecto pues que era una emergencia, digámoslo así, entonces esa situación de digamos de comunicaciones no fue muy, no fue como establecida pues de como es el deber ser	
	Como se intervino en realidad	E5-CIHZ-F	00:25:05	pero no podemos decir que hacíamos reuniones de seguimiento, para generar actas de como iba el proyecto, no, pues personalmente a mi no me toco, no sé si a los líderes de los equipos les tocaba generar algún tipo de informe o de consolidar los informes de las diferentes personas y profesionales que estaban haciendo las actividades para consolidarlas en un informe final	
	Como se intervino en realidad	E5-CIHZ-F	00:25:05	Yo se que de todo esto se desprendió un análisis de causa raíz, pues que nombraron a una persona que trato de que, no llamemos a fulanito que sabe de esto, llamemos a perancito que sabe de esto, llamemos a este que sabe de esto y de ahí sacamos un informe consolidado, cierto?, pero pues unas veces estaban todos, otras veces estaban algunos, otras veces estaba yo, otras no estaba, pero que eso sea religioso, no, para mi no	
	Como se intervino en realidad	E5-CIHZ-F	00:25:37	Era algo mas informal que decir, hermano necesito que esto quede así, así y así, de esta y tal manera, genero los informes así, envíeme informes diarios, envíeme informes semanales o reunámonos cada 2 semanas, eso no era así....	
	Como se intervino en realidad	E7-NCO-F	00:13:49	Realmente el líder del equipo pues debería haber sido pues el jefe de las pequeñas centrales, sin embargo, finalmente se logró conformar un equipo, pero más que con una dirección, era para hacer el seguimiento de las actividades. Entonces yo estuve a cargo del seguimiento del cronograma, así como pues hubo también otras personas a cargo de la parte de la reclamación con la compañía, del tema de la estimación o el cálculo de lucro cesante, pero más que un director de proyecto era un seguimiento juicioso semanal del avance de las actividades donde se hacía también una retroalimentación de qué deficiencia se tenían, de que nuevas necesidades y de cómo se llevan, así ya básicamente pues fue como la forma que se trabajó, se definieron los lotes de trabajo con sus actividades y semanalmente se hacía entonces el seguimiento, pero no como un director de proyectos como tal	
	Como se intervino en realidad	E7-NCO-F	00:19:59	ya posteriormente se hacían las reuniones, no necesariamente cada 8 días pues que se hacían seguimiento, sino cada vez que se requería o que queríamos mirar en sitio los avances de los trabajos, pues nos reuníamos el equipo completo o parcialmente en las instalaciones de mantenimiento civil en la planta Insula	
	Como se intervino en realidad	E8-JCPR-F	00:23:03	reuniones periódicas que en principio, los dos primeros meses era casi semanal o dos veces por semana, y convocamos principalmente los ingenieros de operación y mantenimiento, luego comenzamos ya a incluir todos los procesos en unas reuniones que se volían casi cada 20 días convocadas por Mario César y tratamos de hacerlas en la planta insula	

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Observaciones (continuación)

No. Observación Consolidada	categoría principal entrevistas	Código entrevista	Minuto grabación entrevista	Verbatims	OBSERVACIONES
W	Alternativas de solución	E10-JLP-F	00:27:12	uno de nuestros profesionales tuvo la idea de contactar a EMAS, que es la que opera el relleno sanitario Manizales, para preguntarle qué cómo hacían ellos para gestionar este tipo de problemas de olores, EMAS tuvo la excelente voluntad de ir a ver el problema del embalse con dos de sus ingenieros y nos compartieron su tecnología y su saber, ellos utilizan además de la cal agrícola, utilizan un líquido encapsulador de olores, como por decirlo así un desodorante líquido, y la aplicación se hace con una fumigadora a gasolina que se montan en la espalda	El Área de Generación buscó apoyo y sinergias con otras áreas de CHEC e inclusive con otras empresas del sector de servicios públicos domiciliarios, logrando capturar practicas e información que fueron importantes para el desarrollo de la recuperación del evento. Se resalta la buena relación construida con estos colaboradores.
	Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:09:24	Y también tuvimos la ayuda de EMAS, con el ecomate	
	Alternativas de solución	E8-JCPR-F	00:04:27	el seguro fue un actor importante en esta recuperación porque en su momento actúo como un partner, un socio de nosotros, pues que así debe ser porque también le interesaba que la recuperación del incidente fuera rápido	
	Como se intervino en realidad	E2-NSAR-P	00:32:16	nunca estábamos acostumbrados a pedir ayuda ni a recibirla, a pediría más que todo, porque puede que estuvieran dispuestos a ayudarnos, pero no estábamos dispuestos a recibirla, ni a pediría	
	Como se intervino en realidad	E3-CHS-P	00:15:13	desde contratación nos apoyaron para permitirnos iniciar el contrato, sin estar todavía terminado de organizar todo	
	Como se intervino en realidad	E4-VRL-P	00:07:30	entre más personas involucremos en los temas más fácil es que cualquiera atienda	
	Como se intervino en realidad	E7-NCO-F	00:26:13	la parte socioambiental pues hizo un trabajo muy importante, busco asocio con... creo que con el personal de EMAS y entonces con ellos digamos se pudo conseguir algunos productos y equipos y se pudo manejar el tema de olores pues que en un comienzo, fue bastante molesto para la comunidad cercana al embalse	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E7-NCO-F	00:29:05	realmente pues no se hubiese podido ejecutar el trabajo en el tiempo que se realizó, si no hubiéramos contado con el aporte tan importante de estas áreas	
	Alternativas de solución	E8-JCPR-F	00:28:04	Bueno fueron muy muy importante hermano, yo pienso que cada cual en su especialidad y nos supieron acompañar se volcaron casi automáticamente ante cualquier llamado de nosotros, velan la urgencia y la necesidad y se vio muy bien el trabajo colaborativo verdad y sinérgico de todas las áreas	
	Aspectos de aprendizaje o mejora	E9-IDPJ-F	00:01:11	esto dio inicio cuando se presenta el evento pues ya le escribimos al ingeniero Juan Carlos para ver si requerían acompañamiento para hacer este análisis de causa raíz. El Ingeniero Juan Carlos primero realizó una consulta pues al interior de su área, posteriormente hace una consulta con EPM y finalmente pues digamos que nos solicita el acompañamiento en este análisis de causa raíz	
	Alternativas de solución	E9-IDPJ-F	00:45:21	yo siento que hubo mucho apoyo, no sé, pues es lo que percibo, y pienso que facilitó mucho puede ser el tema, pues digamos que el ingeniero Juan Carlos tiene una forma de ser que hace que la gente pueda entrar a colaborar y apoyar, entonces siento pues que se facilitó mucho el evento fue por como por esa capacidad para que la gente entrara al negocio ayudar, incluyéndonos nosotros cierto, incluyendo nosotros, tal vez en algún otro momento hubiera sido más difícil entrar a apoyarlos con un análisis de causa raíz	
	El deber ser de la intervención del siniestro	E9-IDPJ-F	00:08:38	el jefe área de inmediato debe solicitar a nuestra área el acompañamiento, involucrar las personas expertas incluyendo a estos especialistas que estamos hablando y desde allá desde la metodología empezar a evaluar muy rápidamente	
	Como se intervino en realidad	E5-CHZ-F	00:34:47	yo presumo que desde el punto de vista de las áreas de apoyo pues obviamente en la relación que hay entre jefes de áreas de apoyo con el jefe del área de generación, pues digamos que fueron muy fluidas, y yo creo que eso dio buenos frutos, ese relacionamiento con ese tipo de líderes para que salieran adelante las contrataciones que básicamente es lo que uno requiere, que se haga de manera mas rápida una contratación sabiendo que es un emergencia y que debemos recuperarla en el meno tiempo posible	
Aspectos de aprendizaje o mejora	E6-MLOL-F	00:39:02	pero yo creería que fue un apoyo importante con el tema de contratación, pues tuvimos que hacer algunas compras de emergencia y no, creo que nos fue bien		

Fuente: elaboración propia

Ya con las observaciones definidas se recorrieron los pasos siguientes sugeridos por la OTAN (NATO, 2016), al tener en cuenta las restricciones y las limitaciones del alcance de este trabajo, y se hizo el análisis, en el que se llegó a los resultados indicados en la Tabla 11.

Tabla 11. Consolidado de LA

Código	Observación	Clasificación	Causa Raíz	Acción correctiva	Cuerpo de acción	Clasificación PMBOK
A	El personal involucrado en la recuperación del túnel de curazao mostró su capacidad, dedicación, actitud y conocimiento en las labores que les fueron encomendadas, sin miramientos de índole personal. Se transfirió, a pesar de lo crítico del evento, una calma por parte de la jefatura del área que permitió a los involucrados gestionar sin presión las actividades asignadas a estos.	Buena práctica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
B	La falta de recurso humano para la realización de ciertas actividades no permitió la ejecución de algunos trabajos especializados y de oportunidad a demás de la sobrecarga que generó en algunos colaboradores del área de generación. Se requirió contratar con terceros labores especializadas a falta del recurso humano con este conocimiento. Colaboró en gran medida, a causa de la ausencia de personal capacitado, la contratación de un externo para la reparación del túnel	Problema	No se tuvo una planeación eficiente	Implementar desde el ET de Planificación las metodologías de gestión de proyectos con base en las necesidades del área	Líder equipo de trabajo planificación Líder equipo de trabajo ingeniería Líder equipo de trabajo desarrollo humano y organizacional	9.1 Planificar la gestión de recursos 9.2 Estimar los recursos de las actividades
C	El área de generación debe verificar el perfil requerido según sus necesidades para cubrir las vacantes necesarias en el proceso de operación, complementado con una buena inducción a la empresa y un periodo de entrenamiento. De igual forma el personal activo deberá tener un plan de capacitación y reentrenamiento periódico que garantice mantener el conocimiento base del puesto de trabajo junto con la actualización derivada de las modificaciones realizadas en las centrales de generación. La labor de operación es fundamental para la sostenibilidad del negocio.	Problema	Estructuración de los perfiles necesarios para la operación de la infraestructura de generación	Estructurar los perfiles necesarios para la operación de la infraestructura	Jefe área generación de energía Líderes área generación de energía Líder equipo de trabajo desarrollo humano y organizacional	9.1 Planificar la gestión de recursos
D	No se elaboró desde un principio un plan de comunicaciones que permitiera conocer a quién, cómo, cuando y que información se debería entregar. De igual forma no se tenía claridad en cuanto a los tiempos de reporte de información a algunos grupos de interés externos.	Problema	No se aplicó ninguna metodología de fundamentos para la dirección de proyectos	Formular e implementar la metodología de fundamentos de proyectos	Jefe área generación de energía Líder equipo de trabajo planificación generación de energía Líder equipo de trabajo ingeniería Líder equipo de trabajo desarrollo humano y organizacional	10.1 Planificar la gestión de las comunicaciones
E	Se implementó el uso de la mensajería instantánea para teléfonos móviles como medio de comunicación directa y en tiempo real de la situación de recuperación del evento. La aplicación de esta tecnología permitió un flujo de información constante y actualizado con algunos de los involucrados en el evento.	Buena práctica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
F	Se comunicó y explicó la ocurrencia del evento a los grupos de interés, enfocado principalmente en la comunidad vecina a la zona afectada. Esta socialización busca mantener la claridad sobre el evento para facilitar la gestión de las actividades y evitar confrontaciones con alguno de los grupos de interés.	Buena práctica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
G	Se identificó el desconocimiento por parte de la mayoría de los entrevistados de los esquemas especiales de contratación. Se evidenció falta de socialización por parte de las áreas de apoyo de sus lineamientos y reglas de negocio que impactan a toda la empresa y que pueden facilitar la gestión de ciertas actividades en casos de fuerza mayor o el beneficio para la organización. Esta socialización debe ser de manera continua para asegurar la comprensión por parte de los colaboradores de las diferentes áreas de la empresa.	Problema	No se tenía el conocimiento de la aplicación del esquema especial de contratación	Solicitar a el ET de Contratación la capacitación y socialización respecto al esquema especial de contratación	Líderes de equipo de trabajo área de generación de energía Líder equipo de trabajo cadena de suministros Líder equipo de trabajo desarrollo humano y organizacional	12.1 Planificar la gestión de las comunicaciones

Fuente: elaboración propia

Tabla 11. Consolidado de LA (continuación)

Código	Observación	Clasificación	Causa Raiz	Acción correctiva	Cuerpo de acción	Clasificación PMBOK
H	Se evidenció la necesidad de tener un listado de proveedores a los cuales se pueda acudir para la atención de un siniestro, basado en los riesgos identificados sobre la infraestructura de generación que posee la empresa. Esto reducirá tiempo en la búsqueda de personal externo que pueda atender algún evento no deseado que se presente en la empresa.	Problema	No se tenía un análisis de riesgos que detalle las necesidades de la infraestructura	Realizar un análisis de riesgo sobre toda la infraestructura del sistema de generación para conocer las necesidades y conocer su modo de falla	Jefe área generación de energía Líderes equipo de trabajo área generación de energía Profesional 2 ingeniería de riesgo área finanzas	No aplica
I	La contratación de la empresa requerida para la recuperación del túnel por parte de la compañía aseguradora, fue de gran impacto para el evento ya que esto permitió realizar esta actividad en un tiempo menor al que se pudo haber demorado con los procesos de contratación de la empresa.	Buena práctica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
J	No se elaboró una adecuada planeación para la recuperación del túnel de curazao. Se identificaron fallas en la asignación de recursos, en la programación de actividades, no se estructuró un equipo de proyecto, no se planificó la comunicación, se tuvieron dificultades en la contratación, entre otras. Lo anterior denotó que no se siguió ninguna metodología de planeación de proyectos.	Problema	No se aplicó ninguna metodología de fundamentos para la dirección de proyectos	Capacitar e implementar los fundamentos para la gestión de proyectos en el ET de Planificación del área	Jefe área generación de energía Líder equipo de trabajo planificación generación de energía Líder equipo de trabajo ingeniería Líder equipo de trabajo desarrollo humano y organizacional	No aplica
K	El área no cuenta con un repositorio de información donde fácilmente pueda consultar temas como planos de diseño, memorias de cálculo, análisis de otros mantenimientos correctivos y tampoco se cuenta con información actualizada de estudios de títulos que le permitan tener claridad sobre el estado jurídico de predios y servidumbres. La responsabilidad de consolidación, actualización y custodia de esta documentación debe ser asumida por un equipo de trabajo del área, para que sirva de fuente de información para su personal.	Problema	No se tiene implementado ninguna herramienta para la gestión de la información	Construir e implementar la gestión de la información en el área de generación	Jefe área generación de energía Líder equipo de trabajo planificación generación de energía Líder equipo de trabajo ingeniería área proyectos Profesional 2 gestión documental área de suministro y soporte administrativo	No aplica
L	No se presentó la colaboración esperada por parte de los propietarios de las fincas por donde cruza el túnel de curazao. Esta actitud se debió a intereses económicos de los dueños o por el comportamiento arbitrario, que según los propietarios, la CHEC tuvo en algún momento de su historia.	Problema	Comportamiento del personal de CHEC en los terrenos por donde pasa su infraestructura	Capacitación del personal de CHEC frente al manejo de la propiedad privada de los vecinos de la infraestructura de la empresa	Jefe área generación de energía Líder equipo de trabajo planificación generación de energía Líder equipo de trabajo socioambiental Profesional 2 secretaria general Líder equipo de trabajo planificación financiera área finanzas	13.1 Identificar a los interesados 13.2 Planificar el involucramiento de los interesados 13.3 Gestionar la participación de los interesados 13.4 Monitorear el involucramiento de los interesados
M	Se identificaron fallas en la recepción de los trabajos realizados en la válvula curazao y en los elementos de protección instalados complementarios de esta (sistema de control válvula y sensor de sobrevelocidad), pues no se documentaron ni los cálculos ni calibración de estas labores.	Problema	Falta rigurosidad en la interventoría	Fortalecer al personal interventor para cumplir a cabalidad esta gestión en la contratación	Jefe área generación de energía Líder equipo de trabajo planificación generación de energía Líder equipo de trabajo socioambiental Profesional 2 secretaria general Líder equipo de trabajo planificación financiera área finanzas	12.3 Controlar las adquisiciones

Fuente: elaboración propia

Tabla 11. Consolidado de LA (continuación)

Código	Observación	Clasificación	Causa Raíz	Acción correctiva	Cuerpo de acción	Clasificación PMBOK
N	Ante la causa raíz presentada que generó la falla del túnel, se vio la necesidad de realizar un estudio hidráulico para todo el sistema de generación de la central Insula. Lo anterior es para identificar la correcta operación de sus componentes para tener un funcionamiento óptimo de estos para asegurar la confiabilidad de dicha central.	Problema	No se tiene un estudio hidráulico para el sistema de generación	Realizar un estudio hidráulico con personal experto en el tema del sistema de generación de la central insula	Líder equipo de trabajo mantenimiento eléctrico y civil Líder equipo de trabajo mantenimiento mecánico Líder equipo de trabajo operación generación Líder equipo de trabajo pequeñas centrales	No aplica
O	No existe un plan de contingencia asociado a los olores ofensivos producto de la falta de agua en los lagos sur y norte del embalse cameguadua. Este plan debe surgir como producto de un análisis integral de riesgos ambientales de la infraestructura asociada a la central Insula. Se resalta la sinergia que se obtuvo con EMAS para el tratamiento de estos olores.	Problema	No existe plan de contingencia para la presencia de olores	Construir e implementar un plan de contingencia que mitigue los impactos causados por este evento	Líder equipo de trabajo socioambiental Profesional 2 gestión ambiental área generación de energía	No aplica
P	El área de generación deberá construir e implementar metodologías de análisis y de documentación para generar una fuente de consulta para sus colaboradores. Se deberá capacitar en estas metodologías para desarrollar las capacidades y cultura en su personal. Lo anterior se volverá pilar fundamental para el mejoramiento continuo del área	Problema	No se cuenta con un repositorio de información asequible al personal del área	Construir un repositorio de información digital y físico de información pertinente del área para consulta de su personal	Líder equipo de trabajo planificación Profesional 2 Gestión Documental área de Suministro y Soporte Administrativo	No aplica
Q	Se logró hacer un uso óptimo del tiempo que estuvo la central Insula por fuera de servicio, mediante la programación de mantenimientos que por la situación se lograron programar. Para el área de generación es vital aprovechar cualquier parada de máquina para realizar y adelantar trabajos, esto con el fin de evitar pérdidas de producción con nuevas paradas.	Buena práctica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R	Se identificó la necesidad de crear un plan de carrera en donde se haga una entrega óptima del puesto, una documentación del trabajo realizado y de la historia laboral. Esto evitará inconvenientes en el desarrollo futuro del la albor asegurando la continuidad y confiabilidad de esta gestión.	Problema	No se tiene un plan de carrera en el área de generación	Elaborar e implementar el plan de carrera en el área de generación	Jefe área generación de energía Líderes de equipo de trabajo área de generación de energía Líder equipo de trabajo desarrollo humano y organizacional área servicios corporativos Líder equipo de trabajo Administración de Personal área servicios corporativos	No aplica
S	Es necesario realizar mantenimientos preventivos y predictivos en los activos de conducción de agua de las central Insula, ya que estos por su longitud e importancia económica para el negocio se convierten en activos críticos para la empresa. De igual forma se deberán revisar las rutinas que existen actualmente para incluir aquellas necesidades identificadas en este evento para asegurar que estas cubran lo requerido para obtener la confiabilidad de estas conducciones.	Problema	Afectación económica por paradas de maquina	Planear de forma optimizada las paradas de maquina para la realización de las inspecciones y mantenimientos de las conducciones,	Jefe área generación de energía Líderes de equipo de trabajo área de generación de energía Líder equipo de trabajo ingeniería área de proyectos	No aplica
T	No existe un protocolo integrado de emergencia que facilite la gestión de reacción frente a un evento no deseado y que se articule con los planes de continuidad del negocio. Debe ser una guía entendible que identifique el paso a paso a seguir y que este enfocado en los activos con criticidad alta, según el análisis de riesgo realizado al sistema de generación de CHEC	Problema	Falta de planeación para la mitigación de eventos	Planear, estructurar e implementar protocolos de atención para mitigar los riesgos resultantes de un análisis detallado de riesgos sobre el sistema de generación del área	Jefe área generación de energía Líderes de equipo de trabajo área de generación de energía Líder equipo de trabajo ingeniería área de proyectos	No aplica

Fuente: elaboración propia

Tabla 11. Consolidado de LA (continuación)

Código	Observación	Clasificación	Causa Raiz	Acción correctiva	Cuerpo de acción	Clasificación PMBOK
U	No existe un plan de contingencia asociado al evento presentado en el túnel de curazao. Este plan debe surgir como producto de un análisis integral de riesgos realizado sobre la infraestructura asociada a la central Ínsula. Con esto se busca conocer los riesgos del sistema y mitigar los efectos causados por la materialización de estos riesgos.	Problema	Falta de planeación para la mitigación de eventos	Planear, estructurar e implementar planes de acción para mitigar los riesgos resultantes de un análisis detallado de riesgos sobre el sistema de generación del área	Jefe área generación de energía Líderes de equipo de trabajo área de generación de energía Lider equipo de trabajo ingeniería área de proyectos	No aplica
V	El seguimiento y control del evento del túnel de curazao no estuvo bien planeado, pues a pesar de que se realizaron reuniones de seguimiento y se levantaron actas, no se formalizó la metodología a utilizar al igual que los asistentes, la periodicidad de realización y los temas a revisar. La información documentada en las reuniones no se socializo con el equipo de trabajo involucrado en la recuperación del túnel, a demás la no posee una buena trazabilidad.	Problema	No se aplica ninguna metodología de fundamento de proyectos	Implementar los fundamentos de dirección de proyectos en el área	Jefe área generación de energía Líderes de equipo de trabajo área de generación de energía Lider equipo de trabajo ingeniería área de proyectos	4.5 Monitorear y controlar el trabajo del proyecto 4.6 Realizar el control Integrado de cambios 5.5 Validar el alcance 5.6 Controlar el alcance 6.6 Controlar el cronograma 7.4 Controlar los costos 8.3 Controlar la calidad 9.6 Controlar los recursos 10.3 Monitorear las comunicaciones 11.7 Monitorear los riesgos 12.3 Controlar las adquisiciones 13.4 Monitorear el involucramientos de los interesados
W	El Área de Generacion buscó apoyo y sinergias con otras áreas de CHEC e inclusive con otras empresas del sector de servicios públicos domiciliarios, logrando capturar practicas e información que fueron importantes para el desarrollo de la recuperación del evento. Se resalta la buena relación construida con estos colaboradores.	Buena práctica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

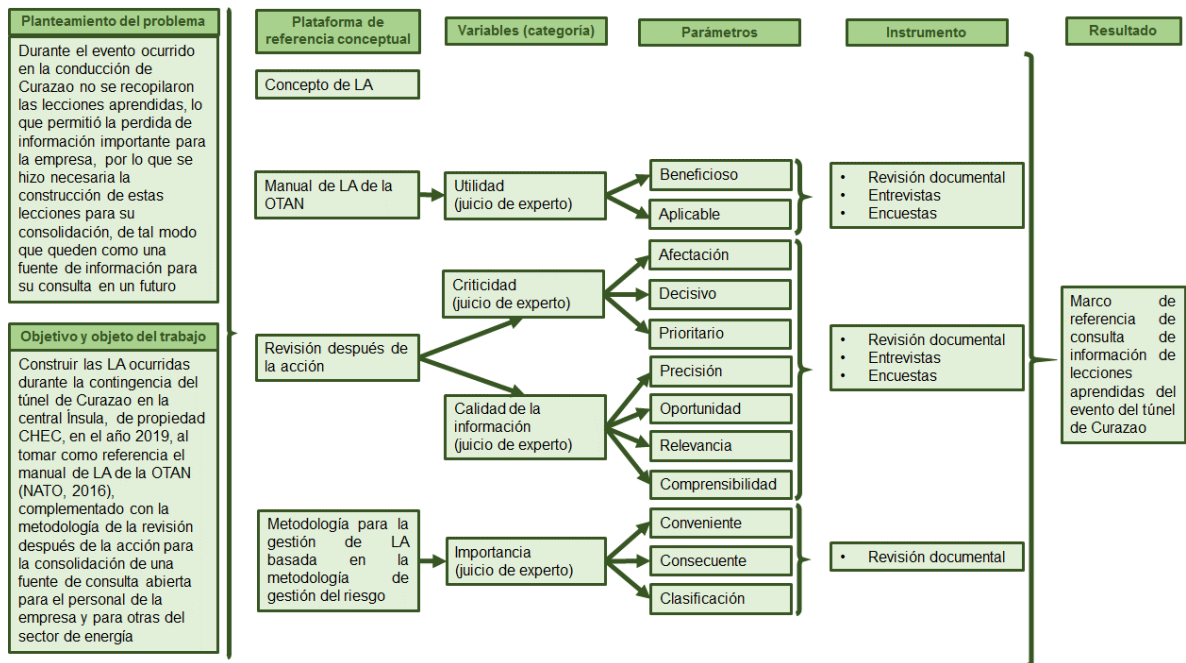
Fuente: elaboración propia

5.5 CARTA DE ALINEAMIENTO METODOLÓGICO

Como conclusión de la metodología, y con el fin de presentar un control sobre la linealidad de los aspectos metodológicos utilizados en la investigación, se hizo el ejercicio de la construcción de una carta de alineamiento metodológico, de acuerdo con (Pacheco y Cruz, 2006), que partió de lo cualitativo teórico a lo cuantitativo práctico, para regresar a lo cualitativo. Dicha carta permitió darle una guía al investigador para realizar su trabajo, con el fin de evitar desvíos que podrían alterar los productos finales, al tener como hilo conductor el objetivo de la investigación.

En la siguiente ilustración se muestra en detalle la carta de alineamiento metodológico utilizada en el presente trabajo.

Ilustración 12. Carta de alineamiento metodológico del proyecto de investigación



Fuente: elaboración propia

5.6 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Para el desarrollo de esta investigación se solicitó la autorización del jefe del área de generación para poder indagar sobre este evento. De igual forma, se informó sobre la aplicación de entrevistas para el levantamiento de información, en las que se indicó que era para un trabajo académico que podía presentar resultados que bien podrían ser implementados por la empresa y también se advirtió que se iban a grabar las entrevistas para su posterior estudio, se obtuvo la aceptación, tanto del jefe de área como de cada uno de los entrevistados.

6 HALLAZGOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los hallazgos fruto de esta investigación se presentaron con base en la estructura metodológica que sugiere la OTAN en su guía de lecciones aprendidas (NATO, 2016), detallada en la Ilustración 8, en la que, a partir de la observación de un hecho ocurrido, se comienza una fase de análisis para catalogar la observación como problema, buena práctica o procedimiento. A continuación, el trabajo se enfocó a encontrar la acción correctiva y el cuerpo de acción encargado de llevarla a cabo, resultado obtenido mediante la implementación del diagrama de Ishikawa. En este punto se logró una lección identificada y capaz de ser socializada con las comunidades académica y empresarial.

Si se continúa con el procedimiento, se tiene la fase de respaldo y de tareas, en la que los directivos cumplirán su labor de apoyo para la gestión de esta lección, que será implementada y monitoreada para verificar que los resultados obtenidos correspondan a la mitigación de la observación identificada, de modo que si se acata lo anterior se tendrá una lección aprendida, que deberá ser socializada en la empresa. Para esta fase se deben tener presentes las restricciones y las limitaciones indicadas en el numeral 5.1, la que, por los recursos requeridos para la implementación de las acciones correctivas, quedó fuera del alcance del trabajo.

Como complemento del procedimiento sugerido por la OTAN (NATO, 2016), se utilizó la metodología propuesta por Coquillat de Travesedo (2014), para clasificar cada una de las lecciones aprendidas, resultantes de este trabajo, en las áreas del conocimiento y los grupos de proceso incluidos en el *PMBOK*® (PMI, 2017).

Como resumen de la metodología utilizada para obtener los siguientes hallazgos, se partió del proceso de LA de la OTAN (NATO, 2016), en el que se utilizó la revisión después de la acción para el levantamiento de la información inicial y se complementó la consolidación de esta información con el sistema categorial para la clasificación de los *verbatim*s y la construcción de las observaciones. Para el análisis indicado en la OTAN (NATO, 2016) se acudió al complemento ofrecido por el diagrama de Ishikawa para determinar la causa raíz de la observación y con ella poder identificar la acción correctiva y la asignación de un cuerpo de acción. Por último, se empleó la metodología propuesta por Coquillat de Travesedo (2014) solo para clasificar las LA en las áreas de conocimiento y los grupos de procesos del *PMBOK*® (PMI, 2017). Después de haber recorrido los pasos del procedimiento sugerido por la OTAN (NATO, 2016), se plantearon como hallazgos de esta investigación las LA que tienen relación con las categorías principales explicadas antes en la metodología; por lo tanto, los resultados que se presentan en este apartado corresponden a las categorías principales que, en su conjunto y su integración, permitieron identificar cuáles fueron las LA del problema del túnel de Curazao y de su solución, que se basaron en seis categorías, que se explican a continuación.

6.1 PARTICIPANTES Y METODOLOGÍAS DE INTERVENCIÓN

En las siguientes líneas se describe la intervención de las personas que hicieron parte de la recuperación del evento del túnel de Curazao. De igual forma, se ilustrará cuál fue la metodología de intervención utilizada en la restauración del evento.

Durante la historia productiva de la CHEC se ha presentado una variedad de sucesos en su infraestructura, tanto en el negocio de generación de energía como en los de distribución, transmisión y comercialización e, incluso, en las de soporte, que apoyan a los negocios de la empresa. Estos eventos no planeados han perjudicado a la empresa, desde el punto de vista económico, y la han obligado a la construcción de diferentes metodologías y protocolos para mitigar el riesgo de ocurrencia de este tipo de sucesos en el futuro. Dichas metodologías y protocolos se han desarrollado con base en la experiencia acumulada a lo largo de la historia productiva de la CHEC y en la investigación y la consulta de otras empresas que han servido de referente, con inclusión de las filiales del grupo empresarial EPM, de la cual forma parte.

No obstante, y a pesar de la existencia de dichos protocolos, la empresa aún dista de establecer por completo los procedimientos requeridos para poder abordar el mencionado tipo de eventos. Para el caso concreto de una falla en una central de generación existen planes de contingencia, como los indicados en el formato FO-PA-03-000-033, que reseña la amenaza y el problema e identifica en un párrafo la acción que debe desarrollarse, junto con los recursos necesarios. Este plan de acción recoge las experiencias vividas en eventos pasados y se ajusta con el conocimiento de los ingenieros que participaron en su elaboración, con el fin de buscar así poder dar una respuesta inmediata a todo evento presentado en cada una de las centrales de generación de energía. Este plan de contingencia cubre de manera parcial las posibles causas generadas por un evento no programado, pues su final no se articula con otros protocolos que puedan facilitar la atención oportuna de un siniestro.

El plan de contingencia indicado en el formato FO-PA-03-000-033 es de conocimiento del personal operativo y de los ingenieros del negocio, que conocen su aplicación, pero, como antes se indicó, solo llega hasta el análisis inicial del evento, sin profundizar en su forma de corrección o recuperación. Es sabido por el

personal encargado de las centrales de generación de energía que, si el evento es algo crítico para el negocio, se requiere la aplicación de otros protocolos que complementen el plan de acción indicado líneas arriba. Es decir, se dispone de dos documentos que no se encuentran interrelacionados y por ello su aplicación es ambigua y difícil, por lo que se puede afirmar que por dicha causa no hay una guía definida para la atención general de un evento. Esto lo corroboró la mayoría de los entrevistados, como se evidenció en el siguiente testimonio:

Se activaron esos frentes y esa atención de la emergencia con unos procedimientos que va muy desde la experiencia, el quehacer y el día a día de la empresa; entonces, una falla que, por menor que sea, lo primero que uno hace es reportar al seguro y se comunica a los ingenieros de mantenimiento, principalmente, y eso desencadena una serie de acciones que no están escritas en ningún procedimiento, pero que sí, digamos, fluyen de manera muy rápida en el área en su día a día (E8-JCPR-F).

Del acápite anterior se entiende que los procedimientos utilizados no están documentados en debida forma y que su ejecución dependerá del personal que participe en el momento de ocurrencia del evento.

Para una correcta recuperación de un siniestro es fundamental contar con un equipo de proyecto, que pueda hacer frente y ser capaz de optimizar las actividades para que se finalicen en el tiempo estimado. El equipo del proyecto es el conjunto de individuos que respaldan al director en la realización del trabajo correspondiente para alcanzar sus objetivos (PMI, 2017, p. 709).

El caso del siniestro en estudio no se configuró de manera organizada ni su análisis lo planeó un equipo de proyecto, como lo indicaron en las entrevistas realizadas:

Se debió haber hecho desde un principio fue constituir un equipo de trabajo, el cual definiera el cronograma, todas las actividades a seguir y un equipo de trabajo con una dirección y con unos encargados de los lotes de trabajo (E7-NCO-F).

Los efectos causados por la ausencia de un equipo de trabajo son el traslape de actividades que generaron atrasos en el cronograma, el personal ocioso a la espera de la culminación de una actividad para poder comenzar con la suya, desinformación en el personal involucrado y la pérdida del objetivo principal de la recuperación.

Se presentaron complicaciones para la conformación de un equipo de proyecto para la atención del evento: al inicio se conformó como respuesta a la emergencia durante la semana siguiente de la falla, pero después de cuatro meses se oficializó en el acta N° 1 del 4 de junio de 2019. Además de lo anterior, no se contaba con un protocolo definido para atender el siniestro; sin embargo, se logró comenzar las actividades de recuperación porque se recurrió a la experiencia y a la preparación de los profesionales y los asistentes del área de generación, como lo indicó el siguiente testimonio:

Activamos un grupo como interdisciplinario de todas las áreas de la empresa, que no solo empezó a convocar al personal interno del área de operación, mantenimiento, planificación, socioambiental, sino que empezamos a convocar otras áreas de la empresa que nos pueden ayudar con los correctivos (E8-JCPR-F).

La premura de la conformación de un equipo de proyecto capaz de asumir la responsabilidad de la recuperación del túnel buscaba la forma de poner en funcionamiento la infraestructura en el menor tiempo posible, lo que permitió así la disminución en las pérdidas por la afectación en la generación de energía.

Debido a la importancia que el tiempo tuvo sobre el evento, se debió optimizar al máximo cada minuto de la recuperación y la indisponibilidad generada por el siniestro se aprovechó para realizar trabajos de oportunidad, que son los que requieren la parada de las unidades de generación y que se tenían programados para efectuarse en el transcurso del año o, incluso, en paradas en años posteriores, lo que permitió así la optimización de dichas paradas y el ahorro, tanto económico como en tiempo, en años futuros de las que no se llevaron a cabo.

Para cubrir las actividades necesarias para la recuperación del túnel se requirió un equipo conformado por personal del área de generación en las especialidades de electricidad, obras civiles, mecánica, instrumentación y socioambiental, apoyado por personal del equipo de trabajo de ingeniería del área de proyectos, encargado de la realización del análisis de causa raíz del evento, junto con personal de las áreas de apoyo de finanzas y auditoría. La participación del personal antes citado se indica en la tabla 6. El personal del área de generación involucrado en el evento no pudo abandonar sus labores cotidianas debido a la baja capacidad operativa que posee el área, de modo que tuvo que atender las actividades asignadas para la reparación del túnel y su trabajo diario. Debido a lo anterior, y a la especialidad del trabajo requerido, se contrató con el consorcio Túnel Curazao conformado por Geotúneles, empresa colombiana de ingeniería dedicada a las actividades de consultoría y construcción de obras de infraestructura, en especial, las relacionadas con túneles y obras subterráneas, y con Lanzakreto, que es una empresa especializada en la aplicación de concreto lanzado y sistemas de estabilización de taludes. Lo evidenciado por este consorcio fue la afectación del túnel de Curazao por un golpe de ariete, que luego se ratificó en el análisis de causa raíz elaborado por CHEC y Geotúneles.

CHEC tiene amplia capacidad y conocimiento acerca de la operación y el mantenimiento de sus activos de manera general, que pueden presentar modos de

falla para los que se requeriría cierta especialidad, opción que no puede atender la empresa por la optimización que debe dar a los recursos limitados existentes.

En la intervención efectuada en el siniestro se evidenció la falta, por parte de la empresa, de la constitución de unas rutinas de evaluación y seguimiento de los activos que tengan relación con infraestructura civil (conducciones), puesto que, por su vetustez, se convierte en algo crítico y de muy alta prioridad. Ejemplos de ello fueron lo sucedido en junio de 2008, cuando falló el soporte de la tubería de la almenara en la central Ínsula, y en febrero de 2019, cuando se presentó el caso en estudio, que fueron afectaciones económicas onerosas para la empresa.

El sistema de generación de CHEC cuenta con más de 20 km de infraestructura civil y metalmecánica para la conducción de agua en la que hay canales, túneles y tuberías metálicas que han operado por más de 70 años, lo que muestra las excelentes condiciones derivadas de su construcción. De lo anterior se evidenció que el pensamiento de la gran mayoría del personal de generación es que esta infraestructura no requiere una revisión periódica. Al respecto indicó la entrevista E7-NCO-F: “es una estructura muy antigua también, que, pues, siempre se le ha reconocido la bondad en cuanto a la construcción y nadie se imaginaba que un túnel podía presentar una situación de las que vivimos”. Lo acontecido en el siniestro ocurrido en el túnel mostró la necesidad de acometer un estudio minucioso de los riesgos que se pueden presentar en la infraestructura y todos sus componentes, además de la atención preventiva periódica de las conducciones del sistema de generación de energía.

Por último, en esta categoría se identificó que el seguimiento de las labores de recuperación del túnel no fue planeado, aunque se reconoce el esfuerzo por realizar una serie de reuniones en las que se daban algunos detalles y se revisaban los avances. El punto álgido de este asunto fue la discontinuidad de dichas reuniones y la variación de la asistencia del personal, que fue la causa de no programar con

anterioridad una periodicidad definida para la realización de las reuniones de seguimiento, de no citar al personal requerido y de no formalizar los informes con el contenido detallado por documentar.

De las reuniones de seguimiento se tuvieron como producto nueve actas, en las que se logró documentar cierta información que carece de profundidad y detalle frente a las actividades desarrolladas en la recuperación del siniestro, de modo que se constató un cierto vacío en la información que podría ser relevante para el entendimiento de la recuperación del evento y para consultas en un futuro.

6.2 EL DEBER SER DE LA INTERVENCIÓN DEL SINIESTRO

A continuación, se enumera una serie de pasos en los que, con base en las respuestas a las entrevistas, se propuso el correcto procedimiento que se debió haber utilizado para la recuperación del túnel, desde el momento de la falla hasta la entrada en operación de la central Ínsula.

Paso 1: aplicación del plan de acción FO-PA-03-000-033

Al presentarse una la falla, el operador debe verificarla y, en caso de no poder resolverla, debe informar la contingencia al profesional encargado de la central para coordinar la revisión. Los equipos de trabajo de operación y de mantenimiento identificarán la falla y le darán solución, con lo que se finaliza la contingencia al recuperar la funcionalidad de la central. Si la falla es crítica, se debe continuar con el paso 2.

Paso 2: socialización de la contingencia

Con el fin de activar a la empresa y de tener a disposición los recursos necesarios para la gestión de recuperación, se deberá informar acerca de la contingencia, con la mejor información disponible hasta ese momento, a las siguientes áreas:

- a) Gerencia.
- b) Finanzas (tesorería, gestión contable, seguros y planeación financiera).
- c) Suministro y soporte administrativo (adquisición de bienes y servicios).
- d) Equipo de trabajo de comunicaciones.

De igual forma, se deberá socializar con todos los líderes del área de generación, con el fin de buscar opciones para la solución de la contingencia, y con la compañía de seguros, con cuya participación se debe contar desde el principio.

Paso 3: conformación de un equipo de acción

Con base en los análisis iniciales de la falla, se debe constituir un equipo de acción que se encargue de la recuperación del evento, a partir del nombramiento de un líder o director y hasta cubrir cada una de las actividades relacionadas con el trabajo de recuperación. Este paso se debe soportar con una estructura de desglose de trabajo (EDT), que es la descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a ser realizado por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos (PMI, 2017, p. 710).

Paso 4: análisis de la falla

Se debe hacer un análisis a la falla ocurrida para poder determinar cuál fue su causa y establecer la forma de recuperación. En este punto es necesaria la participación de personal externo que sea especialista en el modo de falla presentado.

Paso 5: levantamiento de necesidades

Con el fin de cubrir todo lo relacionado con la recuperación y de aprovechar la indisponibilidad de la central, se debe hacer el levantamiento, tanto de los trabajos por ejecutar para la corrección de la falla como de los que por oportunidad se puedan adelantar.

Paso 6: planificación

Con el fin de lograr que el desarrollo de la recuperación se haga de manera óptima, se deberán estructurar al inicio los siguientes planes, basados en los requerimientos de cada uno de los lotes de trabajo y en el control que la recuperación demande. Estos planes son componentes del plan para la dirección del proyecto, con base en el *PMBOK*[®] (PMI, 2017) y son los siguientes:

Plan de gestión del alcance: describe el modo en que el alcance se define, se desarrolle, se monitoree, se controle y se verifique:

- **Cronograma de actividades:** establece los criterios y las actividades para desarrollar, monitorear y controlar.
- **Plan de comunicación:** describe cómo, cuándo y por medio de quién se administrará y difundirá la información del proyecto.
- **Plan de adquisiciones:** describe cómo un equipo del proyecto adquirirá bienes o servicios desde fuera de la organización ejecutante.
- **Plan de costos:** describe la forma en que los costos se planificarán, se estructurarán y se controlarán.
- **Plan de involucramiento de interesados:** identifica las estrategias y las acciones requeridas para promover el involucramiento productivo de los interesados en la toma de decisiones y en la ejecución del proyecto.
- **Plan de gestión de cambios:** establece el comité de cambios, documenta su grado de autoridad y describe cómo se ha de implementar el sistema de control de cambios.

Paso 7: ejecución de actividades

Ya con el liderazgo y el equipo definido, junto con los planes estructurados, se debe comenzar la ejecución de las actividades descritas en el cronograma.

Paso 8: seguimiento y control

Este paso deberá comenzar en paralelo con la ejecución y se llevará a cabo en las reuniones de seguimiento del proyecto, según el plan de dirección del proyecto, o en las reuniones extraordinarias que se requieran según el plan de gestión de cambios.

Paso 9: pruebas y puesta en marcha

Una vez terminadas las actividades, se deberán hacer pruebas en los equipos intervenidos, siempre y cuando sea viable, para verificar que su funcionamiento esté dentro de los parámetros requeridos. Una vez cumplida la labor anterior, se debe proceder a la puesta en marcha de la central, con base en los manuales de operación establecidos y actualizados, si es el caso, con nueva información resultante de la recuperación.

Paso 10: cierre y entrega del proyecto

Después de verificada la correcta operación de la central con los trabajos ejecutados, se debe cerrar el proyecto y presentar los informes y las cifras finales, acompañado de la entrega o comisionamiento al equipo de operación.

La compilación de los pasos anteriormente descritos no pertenece a un protocolo o a una normativa previamente definida, sino que se basa en la construcción de los pasos sugeridos, basados en el trabajo de campo.

6.3 CÓMO SE INTERVINO EN REALIDAD

En este apartado se presenta el procedimiento con el que se atendió la recuperación, con base en los pasos sugeridos en el punto anterior, y se describe con fundamento en los *verbatim*s, según los testimonios recopilados en el trabajo de campo.

Paso 1: aplicación del plan de acción FO-PA-03-000-033

El operador atendió la falla, verificó su causa y, al no tener respuesta, acudió al ingeniero de turno, que detectó la falla y avisó al equipo de mantenimiento para su intervención.

Paso 2: socialización de la contingencia

La líder del equipo de trabajo de pequeñas centrales socializó con los líderes del área la contingencia presentada en la central Ínsula, con el fin de tomar las medidas inmediatas que fueran necesarias. Se informó a la gerencia y a las áreas de finanzas y adquisición de bienes lo ocurrido en la central, con el propósito de buscar activar opciones para su rápida recuperación. De igual forma, se dio aviso a la compañía de seguros.

Paso 3: conformación de un equipo de acción

Se asumieron responsabilidades de algunos líderes y profesionales con base en el rol que desempeñan en la organización. No se elaboró una EDT.

Paso 4: análisis de la falla

La ingeniera civil del equipo de trabajo de mantenimiento eléctrico y civil dio las instrucciones para poder obtener las condiciones de seguridad necesarias para

poder evaluar la falla. Luego de tener estas condiciones se citó a un personal externo para la revisión de la falla con el fin de encontrar la causa y la forma de recuperación.

Paso 5: levantamiento de necesidades

Se estimaron las actividades requeridas para la recuperación del túnel, al igual que los trabajos de oportunidad que se podrían llevar a cabo.

Paso 6: planificación

No se desarrollaron planes para la recuperación del túnel.

- **Plan de gestión del alcance:** no se tuvo claridad en el alcance.
- **Cronograma de actividades:** se elaboró un diagrama de Gantt, pero sin el análisis de los recursos disponibles.
- **Plan de comunicación:** no se elaboró un plan de comunicación.
- **Plan de adquisiciones:** no se elaboró un plan de adquisición. La contratación del consorcio túnel Curazao se realizó por medio de la compañía aseguradora.
- **Plan de costos:** no se estructuró la forma del costeo de los trabajos de la recuperación. Se hizo el seguimiento a los valores cargados a esta reparación.
- **Plan de involucramiento de interesados:** no se estructuró este plan y se atendieron las necesidades a medida que aparecieron.

- **Plan de gestión de cambios:** no se implementó y, a pesar de que se hacía seguimiento a las actividades, no se detalló en las modificaciones realizadas a las actividades estimadas en el inicio.

Paso 7: ejecución de actividades

Con problemas en la percepción del liderazgo y con un equipo con tareas asumidas y no asignadas, se comenzó la ejecución. Se identificaron fallas en la coordinación de actividades y en la asignación de recursos. No hubo una buena comunicación entre los equipos de trabajo y se advirtieron deficiencias en la comunicación entre las áreas y con los involucrados externos a la empresa.

Paso 8: seguimiento y control

El equipo de trabajo de auditoría prestó el apoyo para las reuniones de seguimiento, pero no se construyó un plan de seguimiento, pues no se planearon reuniones periódicas, no se tenía claridad en los hitos y, a pesar de que se levantaron actas, en ellas no se registró el detalle requerido para una reparación de esta envergadura.

Paso 9: pruebas y puesta en marcha

Se hicieron pruebas para la entrega de la unidad III, con el fin de proceder a la puesta en marcha de la central Ínsula, pero no se coordinaron bien las actividades y no se designaron de manera formal los líderes de los trabajos por ejecutar.

Paso 10: cierre y entrega del proyecto

Se presentaron los informes de cierre de la reparación, tanto de la parte técnica como de los costos y del lucro cesante. La entrega de la reparación a operación fue deficiente porque no se socializaron de manera óptima los cambios realizados en la infraestructura.

Si se analiza lo que debió ser, correspondiente al numeral 6.2, ya explicado, frente a la forma en que se atendió la emergencia, que se acaba de explicar, se pudo encontrar una serie de inconsistencias e incongruencias frente a la forma en la que se procedió durante el evento. A continuación, se mencionan las más representativas:

a) Estructuración de un equipo de trabajo: es indispensable abordar un proyecto que, para el caso, sería la recuperación de la funcionalidad del túnel, con un equipo de trabajo definido y asignado. A este equipo se le asignarán las actividades necesarias para alcanzar el objetivo del trabajo. De igual forma, se establecerá una jerarquía en el equipo para la toma de decisiones. Lo ideal sería tener un equipo dedicado de manera exclusiva al proyecto, pero, por las condiciones de capacidad operativa del área, parte del personal quedará ligado a sus labores diarias en la empresa.

b) Planificación de la recuperación: el logro de los objetivos dependerá de una buena planeación. A pesar de que en la recuperación del túnel se logró el objetivo, no fue planeado en forma consciente y diferentes conceptos que son primordiales para el correcto desarrollo de la labor emprendida no se efectuaron de manera óptima. La planeación fue deficiente y no siguió ninguna de las metodologías propuestas por diferentes organizaciones, lo que llevó a tener dificultades en la coordinación de actividades y del recurso humano e inconvenientes en la contratación, al igual que con algunos involucrados, lo que condujo así al desfase frente al alcance, el costo y el tiempo del proyecto.

c) Ejecución del cronograma de actividades: debido a la falta de planeación del cronograma de actividades por desarrollar durante la recuperación del túnel, se presentaron sobrecargas y recursos ociosos que pudieron haber sido destinados a otra labor. De igual forma, algunas labores estimadas no se pudieron llevar a cabo por la deficiente gestión de los recursos que se hizo.

d) Seguimiento y control: el seguimiento realizado a las labores de la recuperación, además de que empezó a documentarse tarde, fue deficiente. No se estructuró de forma que brindara profundidad en el seguimiento, además de que no se planteó su ejecución de manera periódica.

6.4 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS

La principal causa identificada en el desarrollo de la reparación del túnel fue la planeación¹⁴, pero se subdividió en otros aspectos que son primordiales a la hora de abordar la planeación de un proyecto. A continuación, se desarrollan cinco de las principales causas encontradas.

a) Planeación de los recursos: el área de generación tiene recursos finitos, lo que implica que su capacidad operativa para la atención de un evento como el presentado sea escasa. No se gestionó de manera eficiente el personal necesario para la atención de las actividades de recuperación, ni tampoco el recurso necesario para los trabajos de oportunidad. El personal debió continuar con sus labores diarias, junto con las asignadas para la recuperación. No se gestionó ninguna cadena de remplazos ni la contratación de personal temporal para suplir los vacíos que pudieran haber quedado después de la asignación de personal a las actividades de recuperación.

b) Planeación del cronograma de actividades: se elaboró un cronograma de actividades (diagrama de Gantt), en el que se citaron las actividades por desarrollar, pero sin ningún análisis de recursos, tanto de personal como de maquinaria. Por lo tanto, no se logró dimensionar la cantidad de recursos necesarios para poder

¹⁴ Lo referente a la identificación de las causas que propone la OTAN, se desarrolló mediante la aplicación del diagrama de Ishikawa, como un complemento a la metodología explicada en el capítulo correspondiente.

abordar la recuperación y poder identificar si era un recurso propio o uno externo. Además de lo anterior, se presentó el cruce de actividades, lo que generó contratiempos en el desarrollo de las actividades e impidió determinar el tiempo de base de la recuperación y las modificaciones realizadas.

c) Estructuración de una EDT: con la elaboración de una EDT se pretende cubrir todas las aristas de un proyecto con el fin de evitar que algo quede por fuera de su rango de acción. Para el evento del túnel de Curazao no se elaboró una EDT, sino que las actividades se fueron asignando según los roles desempeñados en la organización. Lo anterior no permitió vislumbrar una cadena jerárquica para la toma de decisiones y la principal causa fue la falta de un liderazgo reconocido.

d) Plan de comunicaciones: lo primordial en los equipos de trabajo y, más aún, en el desarrollo de un proyecto, son la planeación y la gestión de la comunicación. En este evento no se elaboró ningún plan de comunicaciones en el que se advirtiera que información se iba a compartir y a cuáles personas se les iba a comunicar, ni tampoco la forma de llegar a ellas, lo que generó dificultades en el entendimiento del desarrollo de la reparación y diferencia de conceptos en la empresa respecto al incidente. De igual forma, aunque se hizo una gestión social importante con las comunidades cercanas a la zona afectada, no se estableció un plan de comunicaciones para involucrarlas en el respectivo desarrollo.

e) Seguimiento y control: el equipo de trabajo de auditoría apoyó al área de generación en las reuniones de seguimiento de la reparación. Sin embargo, dichas reuniones comenzaron muy tarde, pues fue el 4 de junio de 2019, y hubo reuniones muy seguidas (4, 7, 14 y 28 del mes de junio). La profundización y el detalle registrado en las actas fueron escasos, lo que condujo a la pérdida de trazabilidad en los temas.

6.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Llegados a este punto, es pertinente proponer alternativas de solución a los problemas identificados.

Como se enunció en los numerales anteriores, la causa fundamental fue la mala planeación que se hizo de la recuperación del siniestro. Por ende, la principal alternativa de solución fue la implementación de una guía metodológica para la gestión de proyectos, en la que puede tomarse la propuesta por el PMI® que está plasmada en el *PMBOK*® (PMI, 2017). Con la implementación de esta guía se solucionan los problemas identificados de alcance, tiempo, costo, gestión del recurso, de las comunicaciones, de la adquisición, de los interesados y de los riesgos. Esto se indicó en la observación V enunciada en la metodología antes explicada.

La guía metodológica propuesta por el PMI es de amplio conocimiento en el mundo y la CHEC tiene personal capacitado para su aplicación y su implementación, lo que se ha hecho de manera tímida en el negocio de generación.

Sin embargo, existen otras causas identificadas que requieren la gestión, ya sea del área de generación o de la empresa, para su solución, como son:

- **Elaboración de un plan de contingencia integrado:** a pesar de que se tiene un plan de contingencia, solo cubre el inicio de un evento crítico, explicado antes, de modo que es necesario que se articule con otros protocolos para poder cubrir todo el evento. Esta solución está en cabeza del personal del área de generación, que conoce en profundidad la infraestructura y su operación para elaborar un óptimo plan de acción integrado.

- **Perfiles del personal de operación:** se identificaron fallas en la respuesta por parte de los operadores de la central, al igual que de los operadores de la infraestructura de conducción; por ende, se deben verificar los perfiles solicitados para contratación de talento en el personal operativo e, incluso, en el de mantenimiento, con el fin de exigir un nivel más profesional para buscar con ello mejorar las capacidades de reacción y de análisis cada vez que requiera durante la ocurrencia de un evento.
- **Socialización de las reglas de negocio:** una de los inconvenientes presentados durante la contratación del consorcio encargado de la recuperación del túnel fue la referente a los tiempos que exige el modelo de contratación de la CHEC; por ende, esta gestión se llevó a cabo por medio de la compañía aseguradora que maneja menores tiempos de contratación, comparados con los de CHEC. Sin embargo, el equipo de trabajo de adquisición de bienes y servicios tiene plasmado, en el manual de contratación, en el título V, los esquemas especiales de la contratación, en los que se indica que, si se cumplen ciertas características, se pueden omitir algunos pasos del modelo de contratación con el fin de hacer más rápida dicha. A pesar de ello, el personal del área de generación no tenía pleno conocimiento de esta opción, por lo que no se tomó como primera alternativa para la contratación. La solución es hacer una socialización de ciertos temas que manejan las áreas de apoyo para que esa información sea conocida, al menos, por los ingenieros del área; la mencionada socialización deberá repetirse con periodicidad, cada año o también cada vez que se determine.
- **Conocimiento de las características del sistema:** para una correcta operación del sistema, es necesario conocer en detalle la conformación y el funcionamiento de cada una de sus partes. Una que es vital para la operación y, por ende, para el control y la automatización, es conocer la forma óptima, desde el punto de vista de seguridad, de las variables de control y protección del sistema. Para ello es importante llevar a cabo un estudio hidráulico sobre el sistema de generación, en

el que se tengan como producto las variables como la presión, tiempo, caudal o velocidad necesarias para una operación segura.

Con las soluciones antes propuestas, no solo se cubren los problemas identificados en la reparación del túnel, sino que se aportaría en gran medida al mejoramiento continuo del área, con el propósito de llevarla a optimizar sus procesos, lo que redundará en su resultado económico.

6.6 ASPECTOS DE APRENDIZAJE O MEJORA

En las siguientes líneas se exponen los aspectos de aprendizaje que se convierten en reflexiones que pueden elevar la discusión frente a los hallazgos resultado de este trabajo.

Con indiferencia de que sea una verdad de Perogrullo indicar que todos los temas que tengan que ver con la planeación son importantes, el primer aprendizaje es que se debe planear cada trabajo y debe ser claro y contar con su debida estructura, más aún cuando se trata de dar una respuesta rápida a toda situación de crisis, más allá de que parezca que no va a funcionar. En este sentido se está librando una batalla frente a una cultura que no prevé las cosas, pues en ella se considera que es una pérdida de tiempo o que no es productivo. Con lo anterior se está enfrentando la inmediatez.

Un segundo aprendizaje es la reflexividad que debe tener la organización, puesto que, con independencia de lo grande que pueda ser un proyecto o una empresa, además de estar debidamente organizado, deberá contar con una retroalimentación continua para ser autocrítica, con el fin de buscar encontrar aquello en lo que se falla para poder aprender de él y corregirlo en el futuro. Esto contribuye a que cada realidad debe ser adaptada a su propio contexto.

Como tercer aprendizaje apareció el liderazgo, cualidad que se debe fomentar en los proyectos, pues se convierte en el motor que mantiene girando el desarrollo de este, con independencia de los inconvenientes que se presenten. Sin embargo, no se puede dejar dicha gran responsabilidad en una sola persona, sino que se debe aprovechar a cada uno de los involucrados, para que así cada quien se convierta en el líder de su labor y motive a sus compañeros a dar lo mejor de sí, con la mira de buscar soluciones en los momentos críticos sin perder el hilo conductor del proyecto.

7 REFLEXIONES FINALES

Ninguna empresa u organización en el mundo está blindada frente a la ocurrencia de problemas de fondo que afecten su operatividad. Si se toma en consideración lo anterior, se puede cuestionar cómo la CHEC, a pesar de una de las empresas con más renombre en el Eje Cafetero y con tantos años de operación, se encuentra en la mencionada situación; esto se debe evaluar pues los problemas cobran cierta dimensión, dependiendo del contexto o de la coyuntura y de la forma en que una entidad se organiza. En este contexto, el área de generación de la CHEC se debe estructurar de manera organizada para poder hacer frente a los inconvenientes en los que se pueda ver involucrada.

La documentación de los procesos de un negocio adquiere tanto valor como el negocio mismo, puesto que se convierte en una fuente de enseñanza que, si es bien aplicada y está al alcance de todos, puede evitar pérdidas a las organizaciones y velará por el sostenimiento en el tiempo de ellas. Ello ocurre si su recopilación y su consolidación están soportadas por metodologías claras, que aseguren la confiabilidad de la información.

Incluir, comprender y utilizar las lecciones aprendidas obtenidas en los eventos, los proyectos o los mantenimientos del área de generación, además de que colaboran

en el aprendizaje interno de los errores cometidos, permitirá la aplicación y el mejoramiento de una metodología rigurosa, soportada en estándares internacionales, que harán posible entender y analizar lo que pasó. Asimismo, enriquecerá el conocimiento del personal de la empresa al estar disponibles las LA para el personal en general.

Es importante concebir, implementar o complementar una metodología detallada que soporte los resultados de una investigación con el fin de poder levantar, analizar o construir los hechos, por más insignificantes que sean, y procesarlos para convertirlos en las posibles claves para alcanzar los resultados o la mejora continua que se busca para la organización.

La capacidad de respuesta de un equipo de trabajo se mide según indicadores y por la aplicación de planes de contingencia elaborados con anterioridad. Para este caso, en su particular contexto, se deben resaltar la cooperación y la entrega del personal que se involucró en la reparación, pues, a pesar de los inconvenientes presentados, logró sacar adelante la reparación en un tiempo inferior al estimado al inicio, lo que evitó el incremento de las pérdidas del negocio debido a la afectación en la operación de la cadena de mayores.

Por último, se debe tener presente que toda empresa, con independencia de su capacidad, siempre tendrá restricciones o limitantes para el desarrollo de su quehacer. Para el caso en estudio de este trabajo, las limitantes se presentaron por los recursos de tiempo y mano de obra, con los que no se contaba para la implementación de las LA. Sin embargo, se estructuraron los hallazgos como punto inicial para la ejecución de planes de mejora o proyectos que los lleven a buen término, una vez se cuente en el área con los recursos necesarios para ello.

REFERENCIAS

- Ander-Egg, E., y Aguilar, M. J. (2001). *El trabajo en equipo*. Progreso.
- Centers for Disease Control and Prevention, C. (2006). *CDC unified process practices guide*. 1–3.
https://www2a.cdc.gov/cdcup/library/practices_guides/CDC_UP_Lessons_Learned_Practices_Guide.pdf
- Central Hidroeléctrica de Caldas, CHEC S. A. E. S. P. (2017). *Reseña histórica*. CHEC. <http://www.chec.com.co/Institucional/quienes-omos/rese%C3%B1a-historica>
- Central Hidroeléctrica de Caldas, CHEC S. A. E. S. P. (2019). *Informe de sostenibilidad CHEC 2018*. CHEC.
http://www.sostenibilidadchec.com/Informe_de_sostenibilidad_2018.pdf
- Coquillat de Travesedo, M. (2014). Metodología para la gestión de lecciones aprendidas basada en la metodología de gestión de riesgos. *Proiectus*, 3, 44-52. https://issuu.com/proiectus/docs/revista_proiectus_3
- Di Doménico, A., y De Bona, G. (2005). Activos intangibles en organizaciones de educación superior: medición e indicadores del capital intelectual. En M. H. Efrón y A. Pérez Lindo (eds.), *Aportes al debate sobre la gestión universitaria I* (pp. 78-89). De los Cuatro Vientos.
<http://nulan.mdp.edu.ar/725/1/didomenico-debona-2005.pdf>
- Díaz-Niño, C. I., Fraile-Neira, D. M., Rodríguez-Higuita, D. Y., y Giraldo-González, G. E. (2015). Hacia la excelencia en la gerencia de proyectos a través del proceso de lecciones aprendidas. *Revista Científica*, 23, 82-97.
<https://doi.org/10.14483/udistri-tal.jour.RC.2015.23.a7>

- Empresas Públicas de Medellín, EPM S. A. E. S. P. (2018). *Informe de sostenibilidad EPM 2018*. EPM.
<https://2018.sostenibilidadgrupoepm.com.co/pdf/42.pdf>
- Geotúneles (2020). *Quiénes somos*. Geotúneles.
<http://www.geotuneles.com/es#quienesomos>
- Gobierno de España, Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación (2015, 4 de abril). *¿Qué es la Alianza Atlántica, qué es la OTAN?* Gobierno de España, Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación.
<http://www.exteriores.gob.es/RepresentacionesPermanentes/OTAN/es/quees2/Paginas/QueeslaOTAN.aspx>
- Gonzales Miranda, D. R., y Uribe Correa, B. A. (2018). Proceso metodológico y construcción de un sistema categorial de una investigación sobre identidad organizacional. *Psicoperspectivas. Individuo y Sociedad*, 17(3).
<http://doi.org/10.5027/>
- Hernández Muñoz, M. C. (2010). *Propuesta del modelo de gestión del conocimiento para la gerencia de gestión documental y centro de servicios compartidos del grupo Bancolombia en Medellín* (trabajo de grado, Especialización en Gerencia de Servicios de Información, Universidad de Antioquia). <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/1451>
- Inter-American Development Bank, IDB (2012, junio). *After action review*. IDB, Knowledge and Learning Sector, technical note N° IDB-TN-421. IDB.
<https://publications.iadb.org/publications/english/document/After-Action-Review.pdf>

- Martín, J. (2016, 9 de diciembre). ¿Pero qué ha pasado? Claves del análisis post mortem o AAR. cerem. International Business School.
<https://www.cerembs.co/blog/pero-que-ha-pasado-claves-del-analisis-post-mortem-o-aar>
- Mejía Chavarriaga, M. L. (2016). *Lecciones aprendidas proyecto sistema de alertas tempranas de la ciudad de Medellín y el valle de Aburrá-SIATA* (trabajo de grado, Maestría en Gerencia de Proyectos, Universidad EAFIT).
<https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/9181>
- Morrison, J. E., & Meliza, L. L. (1999). *Foundations of the after action review* (special report #42, United States Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences).
<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a368651.pdf>
- Navarro Bonilla, D. (2012). Lecciones aprendidas (y por aprender): metodologías de aprendizaje. *Revista del Instituto Español de Estudios Estratégicos*, 63-88. <http://revista.ieee.es/article/view/405>
- North Atlantic Treaty Organization, NATO (s.f.). *What is NATO?* NATO.
<https://www.nato.int/nato-welcome/index.html>
- North Atlantic Treaty Organization, NATO (2016, febrero). *The NATO lessons learned handbook*, 3ª ed. NATO.
<http://www.jallc.nato.int/products/handbooks.asp#nllh3>
- Pérez-Montoro Gutiérrez, M. (2008). *Gestión del conocimiento en las organizaciones. Fundamentos, metodología y praxis*. Trea.

PricewaterhouseCoopers, pwc (2011). *En la ruta de la competitividad. Principales hallazgos de la 1ra encuesta nacional de madurez en gerencia de proyectos*. pwc. <https://www.pwcprojects.co/Documentos/Resultados.pdf>

PricewaterhouseCoopers, pwc (2020). *Acerca de nosotros*. pwc. <https://www.pwc.com/co/es/acerca-de-nosotros.html>

Project Management Institute, PMI (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Guía del PMBOK®*, 6ª ed. <https://doi.org/978-1-62825-194-4>

Ramírez López, M. A., y Ocampo Cruz, R. (2011, octubre). *El capital intelectual en la central hidroeléctrica de Caldas S. A. "E. S.P."*. CHEC (trabajo de grado, Maestría en Administración de Negocios, Universidad Autónoma de Manizales). <http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/handle/11182/415>