

Análisis del impacto en los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica mediante la gestión de las consignaciones en el sistema de distribución local, para el cumplimiento de los requerimientos regulatorios y el mejoramiento de la calidad del servicio prestado por la
Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.

Brayan Duván Marroquín Cordero

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Electricista

Director

Jairo Blanco Solano

Doctor en ingeniería, área ingeniería eléctrica

Tutor de Práctica

Jaime Enrique Osorio Trujillo

Magister en administración de negocios

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2023

Tabla De Contenido

Introducción.....	9
1. Gestión de consignaciones para el mejoramiento de indicadores de calidad.....	10
2. Objetivos.....	17
2.1. Objetivo General.....	17
2.2. Objetivos Específicos.....	17
3. Regulación de la calidad del servicio de energía eléctrica en Colombia.....	19
4. Diseño de la gestión de consignaciones.....	23
5. Evaluación del impacto de la gestión de consignaciones.....	30
6. Escenarios de gestión complementaria.....	36
7. Conclusiones.....	43
8. Recomendaciones.....	45
Referencias.....	49

Lista de Tablas

Tabla 1. Indicadores de calidad definidos por la CREG 015 de 2018 (Comisión De Regulación De Energía Y Gas, 2018).....	12
Tabla 2. Seguimiento mensual a indicadores de calidad media (Operación y Calidad ESSA, 2023).....	13
Tabla 3. Referencia y límites regulatorios de SAIDI.....	20
Tabla 4. Referencia y límites regulatorios de SAIFI.....	21
Tabla 5. Información de las consignaciones de mayo, en planificación, y su aporte a indicadores de calidad media.....	30
Tabla 6. Impacto de las consignaciones de mayo, en planeación, sobre los indicadores totales de calidad media.....	30
Tabla 7. Información de las consignaciones ejecutadas en mayo y su aporte a indicadores de calidad media.....	31
Tabla 8. Impacto de las consignaciones ejecutadas en mayo, sobre los indicadores totales de calidad media.....	31
Tabla 9. Información de las consignaciones de junio, en planificación, y su aporte a indicadores de calidad media.....	32
Tabla 10. Impacto de las consignaciones de junio, en planeación, sobre los indicadores totales de calidad media.....	32
Tabla 11. Información de las consignaciones ejecutadas en junio y su aporte a indicadores de calidad media.....	32
Tabla 12. Impacto de las consignaciones ejecutadas en junio, sobre los indicadores totales de calidad media.....	33
Tabla 13. Información de una consignación muestra, en planeación, y su aporte a indicadores de calidad individual a los clientes afectados.....	33
Tabla 14. Impacto de la consignación muestra ejecutada en los indicadores totales de calidad individual.....	34

Lista de Figuras

Figura 1. Representación de trabajos dispersos en una red radial.....	15
Figura 2. Representación de la gestión de consignaciones para trabajos conjuntos en una red radial.....	15
Figura 3. Diagrama de flujo para la gestión de una consignación n.....	24
Figura 4. Diagrama de flujo para el cálculo de ENS de una consignación dependiente n.....	27
Figura 5. Buscador de consignaciones planificadas por zona.....	36
Figura 6. Diagrama de flujo para identificación de consignaciones dependientes y extracción del código de su consignación principal.....	38
Figura 7. Aporte a SAIDI aprovechado y no aprovechado en mayo de 2023.....	39
Figura 8 Aporte a SAIDI aprovechado y no aprovechado en junio de 2023.....	40
Figura 9. Cantidad de consignaciones dependientes ejecutadas versus no ejecutadas en mayo..	41
Figura 10. Cantidad de consignaciones dependientes ejecutadas versus no ejecutadas en junio..	41
Figura 11. Cantidad de consignaciones principales canceladas y consignaciones dependientes asociadas a ellas.....	44
Figura 12. Aporte de cada consignación frente al total del SAIDI posible de aprovechamiento del mes de junio.....	45
Figura 13. Aporte a SAIDI aprovechado y no aprovechado en julio de 2023.....	46
Figura 14. Cantidad de consignaciones dependientes ejecutadas versus no ejecutadas en junio..	46

Glosario

Aprovechamiento de Consignaciones: gestión que procura ejecutar más de una consignación en la misma fecha y hora y en un mismo activo de la red.

Consignación: trabajo de operación al sistema de distribución, programado y registrado en el software empresarial para ejecución.

Consignación de Programación a Corto Plazo: consignación que se planea con menos de un mes de anticipación a su ejecución, por lo que no hace parte de la gestión de consignaciones.

Consignación Dependiente: consignación de menor duración y subordinada a la programación de una consignación principal.

Consignación Nacional: consignación programada en el STN que afecta activos de la red de distribución local.

Consignación Principal: consignación de mayor duración de las que se van a ejecutar en el aprovechamiento, en una misma fecha y hora sobre un activo de la red.

Mesa de Aprovechamiento: espacio en el cual los equipos de trabajo socializan la planeación de las operaciones a su cargo para ejecutar el mes posterior la fecha de realización de este, como insumo para el aprovechamiento de consignaciones.

Plan de Choque: proyecto corporativo de ESSA que busca mejorar la calidad del servicio en las zonas críticas y asigna actividades de operación para ejecutar durante un mes, la primera semana de ese mismo mes.

Valor de Indicadores Totales: valor de los indicadores calculados al final de un mes contemplando todos los eventos que se deben considerar en el cálculo de indicadores de calidad, es decir, las programadas y las no programadas.

Zona Crítica: zona, región, tramo o activo de la red de distribución que ha sido identificada por ESSA como objetivo de intervención, para mejorar la calidad del servicio, por su alto valor en indicadores de calidad media, individual o ambos.

Resumen

Título. Análisis del impacto en los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica mediante la gestión de las consignaciones en el sistema de distribución local, para el cumplimiento de los requerimientos regulatorios y el mejoramiento de la calidad del servicio prestado por la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.*

Autor. Brayan Duván Marroquín Cordero**

Palabras claves. Confiabilidad del suministro, Indicadores de Calidad, Operaciones Conjuntas, Sistemas de Distribución de Energía.

Descripción: La confiabilidad del suministro de energía puede medirse con indicadores de calidad media e individual, estos indicadores se ven afectados por las interrupciones del servicio de energía a los usuarios y por su duración. Uno de los factores que aportan a la afectación de los indicadores son las suspensiones del servicio debido a las maniobras de operación del sistema de distribución programadas. Para reducir la afectación de este tipo en el sistema de distribución local en Santander, la Electrificadora de Santander SA ha puesto en marcha un proyecto corporativo que busca gestionar la ejecución de las maniobras de operación que se realizan en una misma zona con el fin de que estas se realicen de manera conjunta y así solo realizar una suspensión del servicio. Este trabajo de grado evalúa la efectividad de este proyecto corporativo haciendo una gestión de la programación de las operaciones y realizando el cálculo del aporte a los indicadores de las maniobras gestionadas y así conocer la magnitud de la afectación a indicadores que se evita aplicando estas medidas. Además, se realiza un estudio de la misma naturaleza a una metodología de gestión complementaria a la propuesta en el capítulo 5 y una serie de recomendaciones para mejorar los indicadores de calidad, reduciendo su afectación.

** Trabajo de Grado

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Ingeniería eléctrica. Director: Jairo Blanco Solano. Doctor en ingeniería, área ingeniería eléctrica. Tutor de Práctica: Jaime Enrique Osorio Trujillo. Magister en administración de negocios.

Abstract

Title. Analysis of the impact on the quality indexes of the power electric service through the management of consignments in the local distribution system, for compliance with regulatory requirements and improvement of the quality of the service provided by Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.

Author. Brayan Duván Marroquín Cordero**

Keywords. Supply reliability, Quality indexes, Join operations, Power distribution systems.

Description: The reliability of the energy supply can be measured with average and individual quality indexes; these indicators are affected by interruptions in the energy service to users and by their duration. One of the factors that contribute to the impact of the indicators are the suspensions of the service due to the scheduled operation maneuvers of the distribution system. To reduce the impact of this type on the local distribution system in Santander, Electrificadora de Santander SA has launched a corporate project that seeks to manage the execution of the operation maneuvers that are carried out in the same area to these are carried out jointly and thus only carry out a suspension of the service. This bachelor's degree work evaluates the effectiveness of this corporate project by managing the programming of operations and calculating the contribution to the indicators of the managed maneuvers and thus knowing the magnitude of the impact on indicators that is avoided by applying these. In addition, a study of the same nature is carried out on a management methodology complementary to the one proposed in chapter 5 and a series of recommendations to improve quality indicators, reducing their impact.

Degree Work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and

Telecommunications Engineering. Electric engineering. Director: Jairo Blanco Solano. Doctor in engineering, electrical engineering area. Practice Tutor: Jaime Enrique Osorio Trujillo. Master in business administration.

Introducción

El servicio de energía eléctrica se considera un servicio público esencial en Colombia, según el artículo 14 de la ley 142 de 1994 (Congreso de la República de Colombia, 1994) y esto hace que sea de importancia encaminar esfuerzos para su mejoramiento. Uno de los aspectos fundamentales en los cuales este servicio puede mejorar es la confiabilidad del suministro, entendiéndose como la capacidad de un sistema eléctrico de suministrar energía de manera continua e ininterrumpida, minimizando el impacto de las interrupciones programadas. Es necesario mejorar la confiabilidad del suministro a los usuarios de este servicio, para garantizar la calidad de vida a los usuarios y también porque la legislación colombiana así lo estipula en el artículo 2 de la ley 142 de 1994 (Congreso de la República de Colombia, 1994).

En este contexto se hace preciso definir las herramientas a utilizar para la evaluación de la confiabilidad del suministro de energía. El estándar IEEE 1362 define indicadores de calidad para este propósito (IEEE Std 1366, 2022), tales como indicadores de calidad media e individual. El estado colombiano, quien en uso de sus facultades regula la prestación del servicio de energía eléctrica por medio de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), define los indicadores de calidad media e individual con los que se rige la regulación vigente para los Operadores de Red (OR) del sistema eléctrico colombiano por medio de la resolución 015 de 2018 (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2018). La Electrificadora de Santander SA ESP (ESSA), como operador de red, está sujeta a las disposiciones regulatorias que la CREG establezca y, por tanto, en materia de confiabilidad del suministro, debe garantizar a sus usuarios una calidad mínima de servicio para evitar incurrir en riesgo de sanciones económicas, según lo estipulado en el capítulo 5, secciones 5.2.3.2 y 5.2.4.3 de la resolución CREG 015 de 2018 (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2018).

Desde que rige el esquema de compensaciones e incentivos establecido por la CREG, la ESSA ha logrado mantener un nivel de calidad de servicio que le ha permitido acceder a los incentivos que refiere esta regulación. No obstante, para los primeros tres meses del año 2023, los indicadores mostraron un comportamiento inusualmente elevado, por lo que la empresa adopta un proyecto corporativo que busca intervenir la manera en cómo han operado sus equipos de trabajo, con el propósito de mejorar la calidad del servicio de manera focalizada en puntos críticos, pero también, de manera general en todas las zonas de operación.

En este trabajo de grado se realiza una evaluación de la efectividad de este proyecto corporativo en materia de reducción de indicadores, haciendo un análisis comparativo de los indicadores de calidad bajo la consideración de la aplicación de las disposiciones de este proyecto, versus, los mismos indicadores considerando la manera tradicional de operaciones dispersas, para dos periodos de un mes de duración. Para lograr esto se realiza una recopilación de información de las consignaciones en la empresa y mediante lógica de programación en una herramienta de cálculo, se establece cuáles consignaciones se podrían ejecutar de manera conjunta. Seguidamente, con base en las características de esas consignaciones, se estima el aporte de cada una de ellas sobre los indicadores de calidad del servicio. Esta estimación es comparada con el valor del indicador total calculado para cada mes de estudio y de este modo se calcula el impacto porcentual de los aportes sobre los indicadores totales para estimar la efectividad de este proyecto corporativo en cuanto al mejoramiento de los indicadores de calidad.

1. Gestión de Consignaciones para el Mejoramiento de Indicadores de Calidad

La Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, mediante la resolución No. 015 de 2018, por la cual se establece metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado nacional (SIN) (Comisión de Regulación de

Energía y Gas, 2018), manifiesta las disposiciones referentes a la calidad del servicio de energía eléctrica en los SDL. En esta resolución se definen los indicadores con los cuales se mide la calidad del servicio prestado por los OR y expresa el sistema de incentivos económicos a los OR o las compensaciones a los usuarios del SDL, según el cumplimiento de las metas de mejoramiento de estos indicadores de las cuales son sujeto los OR (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2018). La resolución CREG 015 de 2018 define los indicadores de calidad de la Tabla 1 como parámetros de medición de la calidad del servicio.

Tabla 1.

Indicadores de calidad definidos por la CREG 015 de 2018.

Calidad Mediad	Calidad Individual	Adicionales de Calidad Media
SAIDI	DIU	MAIFI
SAIFI	FIU	CAIDI

Nota. Fuente: (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2018)

En este contexto, ESSA tiene como interés el mejoramiento de sus indicadores de calidad con ánimo de cumplir con el marco regulatorio y acceder a los incentivos de los cuales puede ser beneficiaria por su cumplimiento. Para hacer un seguimiento al comportamiento de los indicadores, la empresa realiza su monitorización mes a mes y por categorías o grupos de interés. Para el año 2023 las mediciones indican un comportamiento alto y preocupante de los

System Average Interruption Duration Index

Duración de Interrupción por Usuario

Momentary Average Interruption Frequency Index

System Average Interruption Frequency Index

Frecuencia de Interrupción por Usuario

Customer Average Interruption Duration Index

indicadores y las previsiones indican que, de mantenerse la tendencia, es poco probable que se puedan alcanzar las metas regulatorias. La Tabla 4 muestra el seguimiento a los indicadores que se realizó hasta el mes de abril. Se muestran los límites regulatorios, un estimado del peor escenario y el indicador calculado para cada mes, de SAIDI y SAIFI. Por ejemplo, para el mes de febrero, el límite regulatorio asignado para SAIDI es de 0,91 [h], la estimación del peor escenario fue de 0,95 [h] y el valor del indicador calculado de febrero fue de 1,76 [h].

Tabla 2.*Seguimiento mensual a indicadores de calidad media*

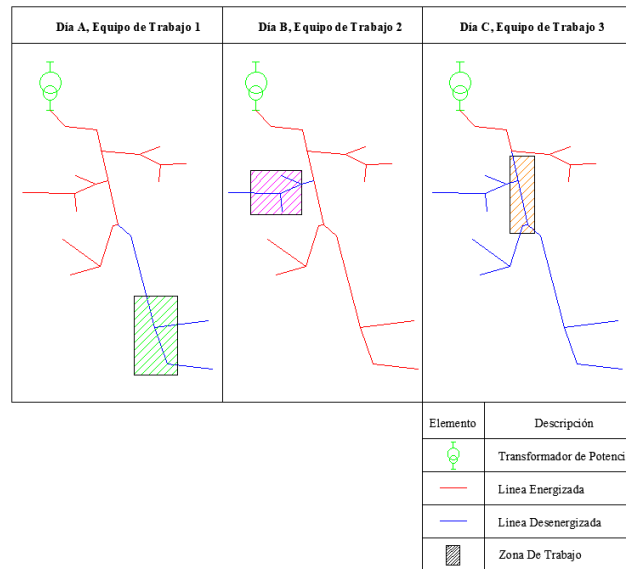
Indicador	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	MAT	Indicador Regulatorio
Estimado peor escenario SAIDI 2023	0,95	1,12	1,96	2,85	2,29	2,61	2,04	2,94	2,93	2,83	2,45	1,84	26,80	21,61
SAIDI Mensual 2023	1,59	1,76	1,74	1,64									6,73	
Limite Regulatorio 2023 SAIDI	0,77	0,91	1,58	2,30	1,84	2,10	1,64	2,37	2,36	2,28	1,98	1,48	21,61	21,61
Estimado peor escenario SAIFI 2023	0,77	0,70	1,12	1,31	1,27	1,00	1,17	1,52	1,74	1,62	1,47	0,68	14,37	13,80
SAIFI Mensual 2023	0,77	1,05	0,98	0,81									3,62	
Limite Regulatorio 2023 SAIFI	0,67	0,90	0,99	1,13	0,97	0,61	0,87	1,32	1,55	1,16	0,88	1,38	12,43	13,80

Nota. Fuente: (Operación y Calidad ESSA, 2023)

En vista del alto riesgo en que se encuentra ESSA del no cumplimiento de los indicadores mínimos requeridos por la CREG, la empresa realiza una investigación de las causas de este comportamiento de los indicadores e identifica que una posible fuente importante de afectación es la falta de sincronización en los trabajos de operación del SDL en zonas, líneas o circuitos comunes, lo cual genera al menos una maniobra de desconexión por cada trabajo programado que se deba ejecutar. Con el fin de controlar favorablemente la tendencia de los indicadores y cumplir con la meta regulatoria al final del año, ESSA ha puesto en marcha un proyecto corporativo llamado ‘Aprovechamiento Consignaciones’, el cual busca que las maniobras de operación programadas sobre el SDL se sincronicen. Se pretende evitar más de una desconexión por cada consignación, que se realice una gestión de las consignaciones y realizar diferentes trabajos de operación sobre un mismo circuito o zona a desconectar. De este modo es posible reducir la duración y cantidad de interrupciones del servicio en la zona de la maniobra. La Figura 1 representa la ejecución de los trabajos dispersos en un circuito, donde las áreas sombreadas delimitan las zona de operación, la red en color azul, indica la porción del circuito des energizada para operaciones y la red en color rojo cuenta con servicio disponible. Se resalta que para la realización de las operaciones del equipo de trabajo tres, es necesario des energizar una parte del circuito que contiene las zonas a desconectar por los equipos de trabajo uno y dos, lo cual proporciona una oportunidad para provechar la desconexión del equipo de trabajo tres y realizar las operaciones de los demás equipos. La Figura 2 muestra la ejecución de los mismos trabajos bajo la modalidad de aprovechamiento de consignaciones, tomando como consignación principal al trabajo con la zona de desconexión más grande, es decir la asignada al equipo de trabajo tres, que al mismo tiempo contiene las zonas de desconexión de las demás consignaciones dependientes, lo cual evita realizar más de una suspensión de servicio.

Figura 1.

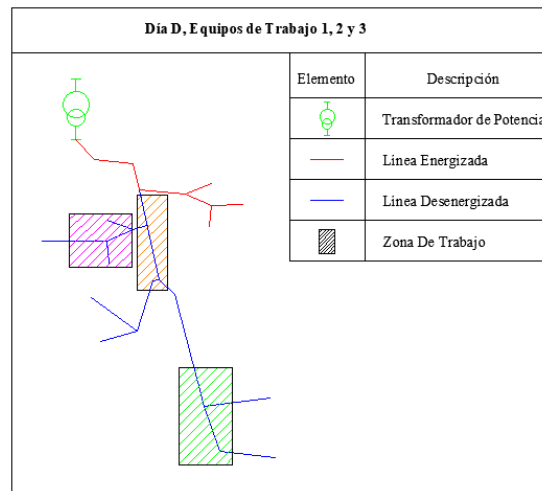
Representación de trabajos dispersos en una red radial.



Nota. Fuente: presente estudio.

Figura 2.

Representación de la gestión de consignaciones para trabajos conjuntos en una red radial.



Nota. Fuente: presente estudio.

Para estimar la magnitud del impacto sobre los indicadores de calidad del servicio de este

proyecto corporativo es necesario realizar un análisis comparativo de los aportes a indicadores considerando de que las maniobras se realizan de manera dispersa frente a la manera propuesta en el aprovechamiento de consignaciones. Para ello, es necesario calcular la suma del aporte a los indicadores de cada una de las consignaciones gestionadas y definidas como dependientes, para contrastarla con el cálculo del indicadores totales en el periodo de estudio y así ver el impacto de estas disposiciones sobre los indicadores de calidad medidos y reportados por la empresa.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Evaluar el impacto de la gestión de consignaciones sobre los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica considerando la modalidad tradicional de ejecución de operaciones planificadas dispersas vs la modalidad de aprovechamiento de consignaciones para la operación.

2.2. Objetivos Específicos

1. Estimar el aporte de los trabajos planificados de operación en el SDL sobre los indicadores de calidad, considerando la modalidad tradicional de ejecución de consignaciones dispersas.
2. Estimar el impacto en el aporte a los indicadores de calidad bajo la consideración que las actividades de operación del SDL se realizan conforme a lo dispuesto en la gestión de consignaciones.
3. Calcular el impacto real en los indicadores de calidad durante dos periodos de un mes cada uno y realizar un balance entre lo planeado en la gestión de consignaciones y el cumplimiento de la planificación.

4. Evaluar la efectividad de la gestión de consignaciones en el SDL con los resultados obtenidos del cálculo de indicadores para los dos periodos de un mes cada uno.

El presente trabajo de grado tiene como fin la estimación del aporte a los indicadores de calidad del servicio prestado por ESSA, de las maniobras de operación planificadas en el SDL bajo la modalidad tradicional de trabajos dispersos, bajo la modalidad de gestión de consignaciones y una medición real de este aporte en los meses mayo y junio de 2023. Las consignaciones dispersas, hacen referencia a los trabajos que se programan de manera independiente los unos de los otros, esto genera que en una misma zona, circuito o tramo se produzca una desconexión del servicio por cada trabajo que se realiza; en contraparte, la gestión de consignaciones busca para minimizar la cantidad de maniobras de desconexión para los trabajos planificados, mediante trabajos conjuntos, pretendiendo garantizar la mayor cantidad posible de trabajos en una misma desconexión, atendiendo las limitaciones operativas. Los indicadores que son objeto de estudio de este trabajo son los definidos por la CREG 015 como parámetros de medición de la calidad del servicio media e individual SAIDI, SAIFI, DIU y FIU. Se hace también un estudio del indicador ENS y un balance respecto de la planificación y la ejecución del aprovechamiento de las consignaciones. Para este cálculo de aportes y para la evaluación de su impacto frente a los indicadores medidos y reportados, se usa la regulación vigente y las definiciones matemáticas de cada indicador.

Para el cumplimiento de las metas de este trabajo de grado, centrado en evaluar el impacto de la gestión de consignaciones sobre los indicadores de calidad, se establece en el siguiente capítulo un marco teórico y regulatorio que aborda los aspectos fundamentales y necesarios para su realización.

3. Regulación de la Calidad del Servicio de Energía Eléctrica en Colombia

Los indicadores de calidad abordados en este trabajo de grado han sido ampliamente estudiados y definidos. Con el fin de establecer una base sólida y confiable para el desarrollo de este trabajo, se adoptan las definiciones de los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica, así como los límites regulatorios vigentes establecidos por la CREG. El estándar IEEE 136 define los indicadores de calidad media SAIDI, SAIFI (IEEE Std 1366, 2022). La CREG, mediante la resolución 015 de 2018, define estos mismos indicadores y de manera adicional los indicadores de calidad individual DIU y FIU (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2018). Esta definición es necesaria para medir la calidad del servicio prestado por los OR, debido a que esta resolución expresa un sistema de compensaciones a los usuarios e incentivos a los OR que se aplican según el cumplimiento o no de las metas regulatorias.

El esquema de incentivos y compensaciones empezó a aplicarse a partir del año 2019, este esquema establece un límite inferior y un límite superior de indicadores de calidad media SAIDI y SAIFI, que determinan si hay lugar a incentivos positivos o negativos, según corresponda; un límite máximo para DIU y FIU que determinan si hay lugar a compensaciones a los usuarios. Los límites de calidad media se establecen de la siguiente manera:

1. Se toma como valor de referencia el indicador medido en el año 2018, SAIDI o SAIFI, según sea el caso.
2. Se calcula un valor de indicador medio con base en el valor de referencia, este valor, el del indicador medio, disminuye cada año de la siguiente manera; para el año 2019 el valor del indicador medio es igual al valor de referencia reducido un 8% y para los años consecuentes el valor de indicador medio será igual al valor de indicador medio del año anterior reducido un 8%.

3. Se establece, para cada año, un límite inferior igual al valor de indicador medio reducido un 0,5%
4. Se establece, para cada año, un límite superior igual al valor de indicador medio aumentado un 0,5%

Con esto, si al finalizar el año, la empresa tiene indicadores con valor por debajo del límite inferior es merecedora de los incentivos, si la empresa tiene indicadores con valor entre el límite inferior y el límite superior, es decir, el intervalo o banda de neutralidad, no tiene incentivos ni debe pagar compensaciones y si la empresa tiene indicadores con valor por encima del límite superior debe pagar compensaciones a los usuarios. Por ejemplo, para el 2019 el valor de indicador SAIDI de referencia es el valor de SAIDI calculado para la empresa en el año 2018, es decir, 32,977 [min] según la información proporcionada por ESSA, el valor de SAIDI medio se calcula según la Ecuación (1) y los límites inferior y superior se calculan según la Ecuación (2) y la Ecuación (3), respectivamente.

$$SAIDI_M = 32,977 * 0,92 = 30,339 [h] \quad (1)$$

El valor del límite inferior:

$$SAIDI_M * 0,995 = 30,187 [h] \quad (2)$$

El valor del límite superior:

$$SAIDI_M * 1,005 = 30,491 [h] \quad (3)$$

Para el SAIFI se aplica el mismo procedimiento para los años posteriores, tomando como valor de referencia el indicado en la Tabla 3. Las Tablas 2 y 3 muestran los valores de referencia de SAIDI y SAIFI y los límites regulatorios anuales del sistema de incentivos y compensaciones que aplican a la ESSA, respectivamente.

Tabla 3.*Referencia y límites regulatorios de SAIDI*

Referencia SAIDI		32,977		
Año	Año Periodo tarifario	SAIDI _M	Límite inferior	Límite Superior
2019	T=1	30,339	30,187	30,491
2020	T=2	27,912	27,772	28,052
2021	T=3	25,679	25,550	25,808
2022	T=4	23,625	23,506	23,743
2023	T=5	21,735	21,626	21,844
2024	T=6	19,996	19,896	20,096
2025	T=7	18,396	18,304	18,488
2026	T=8	16,925	16,840	17,009
2027	T=9	15,571	15,493	15,649
2028	T=10	14,325	14,253	14,397

Nota. Fuente: presente estudio.**Tabla 4.***Referencia y límites regulatorios de SAIFI.*

Referencia SAIFI		21,165		
Año	Año Periodo tarifario	SAIFI _M	Límite Superior	Límite Superior
2019	T=1	19,472	19,374	19,569
2020	T=2	17,914	17,824	18,003
2021	T=3	16,481	16,398	16,563
2022	T=4	15,163	15,086	15,238
2023	T=5	13,950	13,879	14,019
2024	T=6	12,834	12,769	12,898
2025	T=7	11,807	11,748	11,866
2026	T=8	10,862	10,808	10,917
2027	T=9	9,993	9,943	10,043
2028	T=10	9,194	9,148	9,240

Nota. Fuente: presente estudio.

Para los indicadores de calidad individual, se estableció que si un usuario percibe más de

360 [h] de DIU al año debe ser compensado y en FIU, si percibe más de 360 [Interrupciones] al año, deberá ser compensado. No todas las interrupciones son tenidas en cuenta para el cálculo de estos indicadores, pues la resolución CREG 015 de 2018, expresa que existen intervenciones en la red pueden ser excluidas de este cálculo, siempre y cuando se encuentren contempladas dentro de alguno de los literales del capítulo 5.2.2 de esta misma resolución (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2018).

En este capítulo se han presentado los conceptos claves que fundamentan el desarrollo teórico de este trabajo y se han resaltado los elementos de la regulación vigente para el servicio prestado por los SDL. De esta manera es posible desarrollar una metodología de gestión y evaluación que proporcionen resultados confiables para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo de grado.

4. Diseño de la Gestión de Consignaciones

En este capítulo se aborda la metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos establecidos para este trabajo que se estructura en cuatro etapas: recopilación de datos, gestión de consignaciones, cálculo de indicadores y evaluación de impacto. Estas etapas de desarrollo se articulan de manera sucesiva para implementarse de manera correcta. Para ello, es necesaria una etapa preliminar de parte de los equipos de operación en la que deben planificar y consignar en la herramienta de software EnerGis, que es que es el aplicativo GIS y DMS base de la empresa. Los trabajos de todo un mes con mínimo 20 días de anticipación al primer día del mes en que se va a ejecutar la consignación, es decir, para mayo como el primer mes de estudio, los trabajos debieron estar planeados y consignados en el sistema el día 10 de abril. Las consignaciones que se deben planificar con esta anticipación son todas las que tengan una afectación al indicador

Geographic Information System

Distribution Management System

SAIDI igual o mayor a 0,2 minutos, de modo que si durante un mes se pretende realizar algún trabajo cuya afectación supere este límite, se deberá posponer para el siguiente mes y esta consignación deberá hacer parte de la mesa de aprovechamiento.

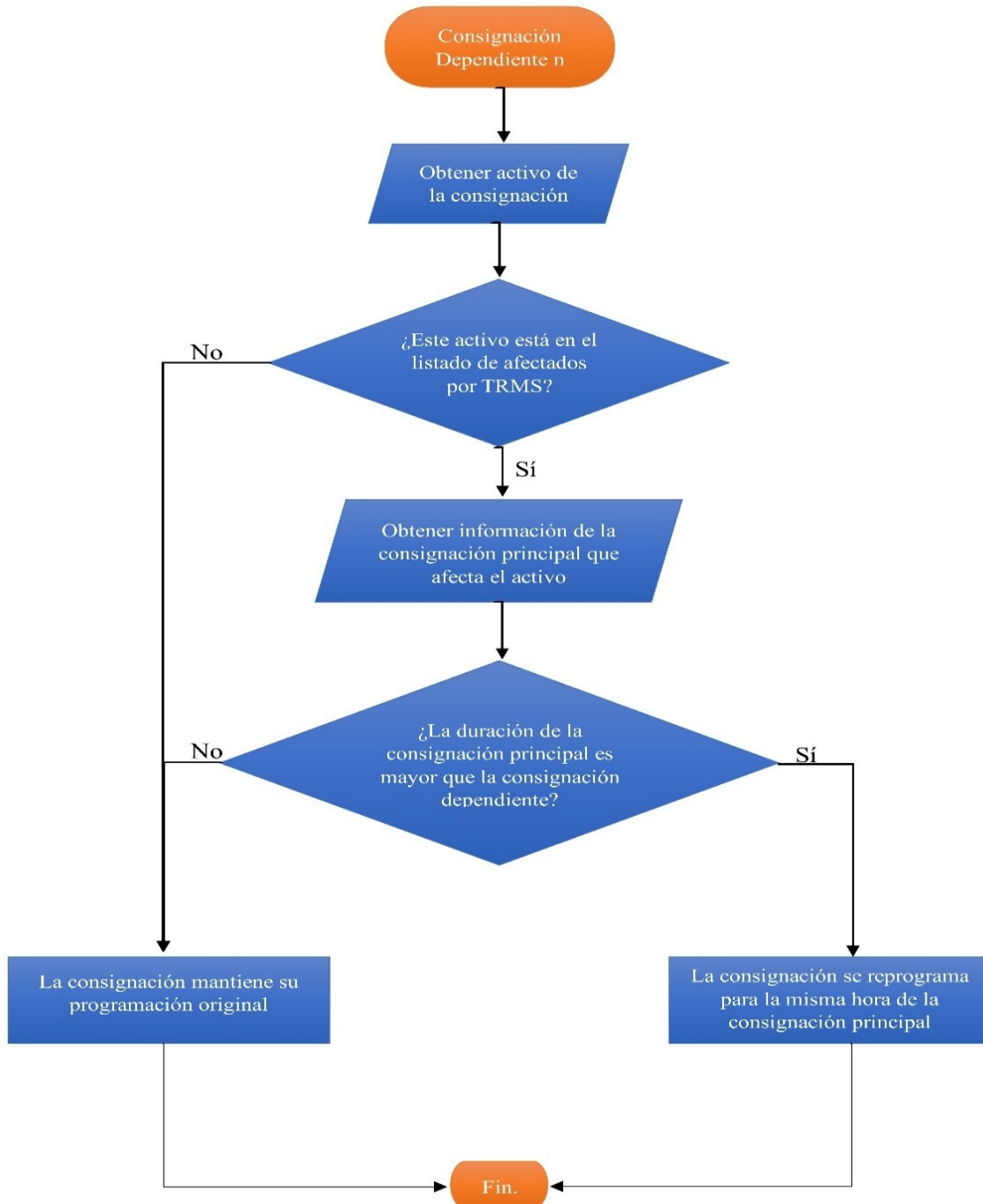
Para la recopilación de datos, se extrae la información de la herramienta de software EnerGis, en donde se encuentran los detalles de todas las consignaciones y eventos del SDL. En esta herramienta se consolida la información acerca de la planificación y la ejecución de todas las actividades planificadas y eventos no planeados, por ello es la fuente de información de la cual se nutre este trabajo. De este software se obtiene la información de las consignaciones planificadas sobre el SDL, como por ejemplo las de Trabajos de Reposición y Mantenimiento de Subestaciones, TRMS, aprobados por la CREG en el plan anual de inversiones. Estos trabajos son planificados para ejecución a lo largo de un año y por su nivel de afectación en el SDL son especial interés para este trabajo. También lo son los trabajos de mantenimiento en redes y la confirmación o cancelación de la ejecución de cualquier consignación. La información que se obtiene de cada consignación está relacionada con el desarrollo de ese trabajo, como el código de identificación del trabajo, la fecha y hora de inicio y fin de la desconexión, los activos afectados y la cantidad de clientes desconectados, entre otros detalles menos relevantes para este trabajo. Además, del formato TT3 (Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios, 2021) se obtiene el listado de activos afectados por la desconexión de las consignaciones de TRMS.

Para la gestión preliminar de las consignaciones, se toma como punto de partida que las consignaciones de TRMS son las consignaciones principales, en el sentido de que pueden albergar en su propia desconexión de activos a otras consignaciones. Haciendo uso de una herramienta de cálculo, se establece cuáles de las consignaciones programadas en el SDL por parte de los equipos de operación de la empresa, son candidatas para reprogramar y de esa

manera ser objeto del plan de aprovechamiento como trabajos dependientes. En este sentido se usan en este trabajo los términos consignación principal, aquella que alberga otras consignaciones en su desconexión y consignación dependiente a aquellas que son reprogramadas para acogerse a una consignación principal. La lógica de la gestión de las consignaciones, para una consignación n , es la expresada en la Figura 3.

Figura 3.

Diagrama de flujo para la gestión de una consignación n .



Nota. Fuente: presente estudio.

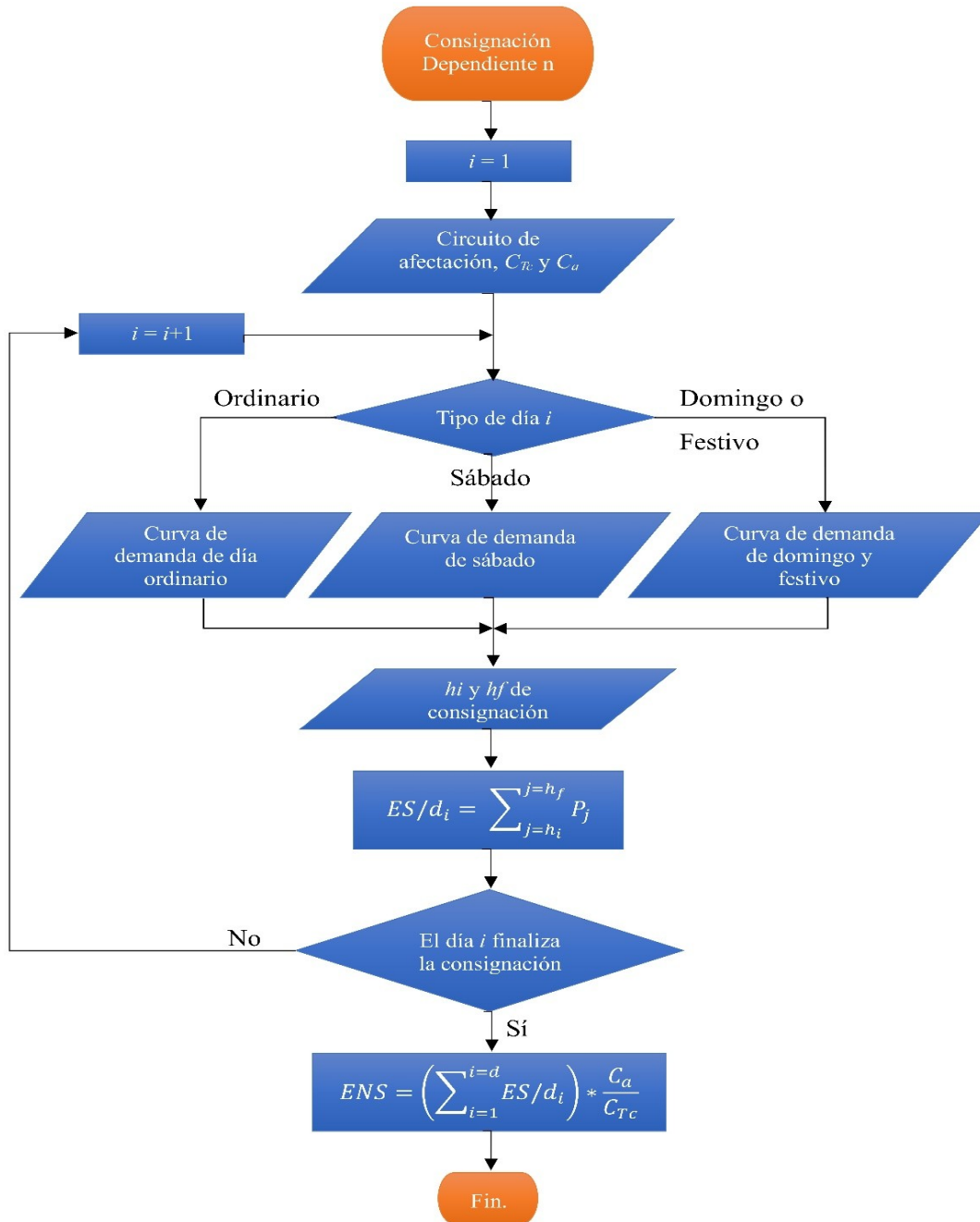
De esta manera se identifican las consignaciones dependientes objeto del aprovechamiento para informar su reprogramación a los equipos responsables de su ejecución,

durante una reunión mensual, posterior a la gestión preliminar donde se exponen y depuran posibles conflictos operativos para ejecutar los trabajos en las fechas y horarios reprogramadas, este espacio se llama mesa de aprovechamiento.

Obtenido el consolidado de las consignaciones dependientes programadas, se hace el cálculo del aporte de cada una de ellas a los indicadores de calidad SAIDI, SAIFI, DIU, FIU, según su definición en (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2018) y (IEEE Std 1366, 2022); y ENS para una consignación dependiente n , según el procedimiento siguiente:

Figura 4.

Diagrama de flujo para el cálculo de ENS de una consignación dependiente n .



Nota. Fuente: presente estudio.

Donde,

- d es la cantidad de días de duración de una consignación n , $d > 0$.
- i indica un día de la consignación, $i \in [1, d]$.
- C_{Tc} y C_a son la cantidad de clientes totales por circuito y cantidad de clientes

afectados por una consignación n , respectivamente.

- h_i y h_f son la hora de inicio y hora de fin de una consignación n , respectivamente.
- ES/d_i es la energía promedio suministrada a al circuito de afectación durante las horas de desconexión producto de una consignación n .
- P_j es la potencia activa promedio consumida promedio por hora, del circuito de afectación.
- ENS es la energía no suministrada debido a la desconexión por una consignación n .

Este cálculo de ENS se hace en base a las curvas de demanda suministradas por el equipo de estudios eléctricos, en las cuales se encuentra el consumo de potencia promedio por hora del día de cada circuito. De manera preliminar, en este cálculo no se consideraron las pérdidas técnicas del sistema, aunque se un ajusta este cálculo, reduciendo este valor de acuerdo con las pérdidas porcentuales de cada circuito; este porcentaje pérdidas se obtiene de (Gestión Operativa ESSA, 2018) y el indicador ENS se ajusta según la Ecuación 4.

$$ENS = ENS_{Preliminar} * (100 - P_{pcto}) \quad (4)$$

Donde,

- ENS es la actualización del valor del indicador.
- $ENS_{Preliminar}$ es el valor del indicador ENS calculado en el procedimiento anterior, es decir, sin considerar las pérdidas.
- P_{pcto} indica las pérdidas técnicas porcentuales del circuito de afectación de una consignación n .

Además de considerar las pérdidas, se considera un factor de reducción de las horas de desconexión al 80% debido al tiempo real de trabajo en las líneas des energizadas, es decir,

descontando el tiempo de maniobras previas a la suspensión del servicio. Este trabajo no considera pérdidas no técnicas que pudieran presentarse en el SDL, como lo indica el numeral 8.3 en la página 19 de (Gestión Operativa ESSA, 2018).

En cuanto a la metodología de impacto a los indicadores, una vez calculado el aporte total de las consignaciones dependientes y finalizado el mes en estudio, se determina cuáles de las consignaciones planificadas se ejecutaron conforme a la gestión, en términos de fecha y hora. Esto se realiza para calcular el porcentaje de ejecución de la planificación teniendo en cuenta que por razones de capacidad operativa, eventos inesperados como mal clima o alguna emergencia en la operación, no siempre es posible ejecutar las consignaciones conforme a la planificación. Al aporte de las consignaciones calculado se le resta el aporte de las consignaciones canceladas o reprogramadas fuera de las fechas para aprovechamiento de des-energización. Finalmente se calcula el aporte a los indicadores y se determina el valor porcentual de este aporte frente al indicador total de ese mismo mes, según la Ecuación (5).

$$A_{tp} = \frac{A_{tr}}{I_{rc}} * 100 \% \quad (5)$$

Donde,

- A_{tp} es el aporte total porcentual de las consignaciones dependientes.
- A_{tr} es el aporte total real de las consignaciones dependientes.
- I_{rc} es el indicador real calculado para el mes de estudio, incluyendo todos los eventos del SDL, programados y no programados.

Este cálculo, se hace para todos los indicadores en estudio, excepto para ENS, que solo se ajusta con la información de las consignaciones canceladas y la magnitud se da en [MW].

Además, para tener una perspectiva del impacto frente a la magnitud de la banda de neutralidad de incentivos se hace una estimación porcentual frente a este valor usando la Ecuación (6).

$$A_{pBN} = \frac{A_{tr}}{M_{BN}} * 100 \% \quad (6)$$

Donde,

- A_{pBN} es el aporte total porcentual de las consignaciones dependientes a la banda de neutralidad.
- A_{tr} es el aporte total real de las consignaciones dependientes.
- M_{BN} es la magnitud de la banda de neutralidad.

Este capítulo se ha descrito una metodología con los aspectos técnicos y procedimientos necesarios para obtener resultados confiables y así dar paso al tratamiento de datos para dar cumplimiento a los objetivos de este trabajo. En el siguiente capítulo se presenta el cálculo de los aportes de las consignaciones programadas para el periodo de estudio de este trabajo de grado.

5. Evaluación del impacto de la gestión de consignaciones

Se presenta a continuación la información de las consignaciones objeto de aprovechamiento, el cálculo del aporte a los indicadores y su impacto porcentual a los indicadores totales calculados, así como el porcentaje de cumplimiento de la planeación de las consignaciones para cada mes de estudio. Para el mes de mayo en planificación se programaron las consignaciones contenidas en la Tabla 5.

Tabla 5.

Información de las consignaciones de mayo, en planificación, y su aporte a indicadores de calidad media.

Cantidad de consignaciones Principales	Cantidad de consignaciones planificadas	Cantidad de consignaciones dependientes	Indicador	Aporte total en planificación	Unidades
3	42	10	SAIDI	7,0775	[min]
			SAIFI	0,0132	[Int]
			ENS	31,8997	[MW]

Nota. Fuente: presente estudio.

Considerando lo anterior, puede identificarse que las consignaciones programadas para el mes de mayo solo fueron 42, de las cuales solo 10 podían ser reprogramadas para ser ejecutadas junto con alguna consignación principal. Esta cantidad se debe a que mayo fue el primer mes en el que se implementó la gestión de consignaciones, los equipos de trabajos de operación decidieron ser conservadores al considerar que mayo era el mes piloto y además el plazo perentorio que se fijó para ese mes no fue suficiente para programar más trabajos. Estas consignaciones, tienen un impacto en los indicadores totales de mayo.

Tabla 6.

Impacto de las consignaciones de mayo, en planeación, sobre los indicadores totales de calidad media.

Indicador	Valor del indicador total	Banda de neutralidad	Unidad	Impacto total de aporte	Impacto en banda de neutralidad
SAIDI	119,4173	13,080	[min]	5,9267%	54,1093%
SAIFI	0,9017	0,140	[Int]	1,4639%	9,4286%

Nota. Fuente: presente estudio.

La Tabla 6 muestra el impacto sobre estos valores que tendría la gestión de consignaciones, de haberse ejecutado conforme a la planeación. Para este mismo mes, en cuanto a la ejecución, no se presenta ninguna consignación que se haya reprogramado y ejecutado de acuerdo con la gestión, las Tablas 7 y 8 presentan la información de las consignaciones y el impacto de los aportes respecto de los indicadores calculados totales, respectivamente.

Tabla 7.

Información de las consignaciones ejecutadas en mayo y su aporte a indicadores de calidad media.

Cantidad de	Cantidad de	Indicador	Aporte	Unidades
-------------	-------------	-----------	--------	----------

consignaciones principales	consignaciones dependientes		total en ejecución	
2	0	SAIDI	0	[min]
		SAIFI	0	[Int]
		ENS	0	[MW]

Nota. Fuente: presente estudio.

Tabla 8.

Impacto de las consignaciones ejecutadas en mayo, sobre los indicadores totales de calidad media.

Indicador	Valor real del indicador	Banda de neutralidad	Unidades	Impacto total de aporte	Impacto en banda de neutralidad
SAIDI	119,40	13,080	[min]	0%	0%
SAIFI	0,9017	0,140	[Int]	0%	0%

Nota. Fuente: presente estudio.

En la ejecución, de las consignaciones principales, solo una de las tres no se ejecutó conforme a la planeación, esta consignación imposibilitó la ejecución de dos consignaciones dependientes, de las otras ocho consignaciones dependientes, una de ellas se canceló y las demás tuvieron que ser reprogramadas para fechas diferentes a las fechas de posible aprovechamiento. Para el mes de junio se hizo el mismo procedimiento.

Tabla 9.

Información de las consignaciones de junio, en planificación, y su aporte a indicadores de calidad media.

Cantidad de consignaciones principales	Cantidad de consignaciones planificadas	Cantidad de consignaciones dependientes	Indicador	Aporte total en planificación	Unidades
6	465	29	SAIDI	2,0950	[min]
			SAIFI	0,0040	[Int]
			ENS	15,7123	[MW]

Nota. Fuente: presente estudio.

Considerando lo contenido en la Tabla 9, puede identificarse que las consignaciones

programadas para el mes de junio fueron 465, de las cuales 29 podían ser reprogramadas para ejecutarse junto con alguna consignación principal. Esto presenta una diferencia notable con el mes inmediatamente anterior, pues los equipos encargados de la planificación lograron hacer la programación preliminar de más consignaciones debido a una disponibilidad mayor de tiempo para organizar sus trabajos y cuadrillas o contratistas encargados de la ejecución. Su impacto a los indicadores totales de calidad media se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10.

Impacto de las consignaciones de junio, en planeación, sobre los indicadores totales de calidad media.

Indicador	Valor real del indicador	Banda de neutralidad	Unidad	Impacto total de aporte	Impacto en banda de neutralidad
SAIDI	84,2625	13,080	[min]	2,4863%	16,0168%
SAIFI	0,7141	0,140	[Int]	0.5602%	2,8571%

Nota. Fuente: presente estudio.

Las Tablas 11 y 12 se presentan la información de las consignaciones ejecutadas de acuerdo con la planeación y el impacto de los aportes respecto de los indicadores totales, respectivamente.

Tabla 11.

Información de las consignaciones ejecutadas en junio y su aporte a indicadores de calidad media.

Cantidad de consignaciones principales	Cantidad de consignaciones dependientes	Indicador	Aporte total en ejecución	Unidades
6	2	SAIDI	0,00504	[min]
		SAIFI	$8,62 \times 10^{-6}$	[Int]
		ENS	32,6597	[kW]

Nota. Fuente: presente estudio.

Tabla 12.

Impacto de las consignaciones ejecutadas en junio, sobre los indicadores totales de calidad media.

Indicador	Valor real del indicador	Banda de neutralidad	Unidades	Impacto total de aporte	Impacto en banda de neutralidad
SAIDI	84,2625	13,080	[min]	0,005981%	0,03853%
SAIFI	0,7141	0,14	[Int]	0,001207%	0,006153%

Nota. Fuente: presente estudio.

Para el mes de junio, todas las 6 consignaciones principales programadas se ejecutaron conforme a la planeación. De las 29 consignaciones dependientes, dos fueron canceladas, 25 se reprogramaron para fechas distintas a las propuestas en la gestión de consignaciones y 2 de ellas se reprogramaron y ejecutaron en las fechas indicadas para el aprovechamiento. Las razones del incumplimiento de la planeación de las consignaciones dependientes pueden ser, entre otras, el incumplimiento de la planeación de las consignaciones principales, incumplimiento de los contratistas externos encargados de ejecutar las consignaciones, dificultades operativas como emergencias y redireccionamiento de esfuerzos por contingencia, etcétera.

Para los indicadores de calidad individual, es necesario analizar cada consignación de manera particular, debido a que no se puede calcular un impacto general, a menos de que se trate de más de una consignación a los mismos usuarios en diferentes fechas. A manera de ejemplo se desarrolla el resultado de una consignación de junio, sobre los indicadores individuales de calidad de un usuario conectado al transformador No. 7777990, afectado por ella.

Tabla 13.

Información de una consignación muestra, en planeación, y su aporte a indicadores de calidad individual a los clientes afectados.

Consignación	Circuito	Duración [h]	Clientes afectados	Indicador	Aporte en planeación
783144	60504	10	7	DIU	10 [h]
				FIU	1 [Int]

Nota. Fuente: presente estudio.

Tabla 14.

Impacto de la consignación muestra ejecutada en los indicadores totales de calidad individual.

Indicador	Valor real del indicador	Límite regulatorio	Aporte en ejecución	Unidad	Impacto total de aporte	Impacto en el límite regulatorio
DIU	201	360	10	[h]	4.98%	2.78%
FIU	130	360	1	[Int]	0.77%	0.28%

Nota. Fuente: presente estudio.

En la Tabla 13 se encuentra la información de la consignación para el ejemplo y su aporte a indicadores en planeación. La Tabla 14 contiene la información en relación con el impacto de la misma consignación ejecutada, frente al valor de los indicadores totales de calidad individual de cada cliente afectado por esta consignación.

Con los cálculos realizados a partir la información obtenida y con los resultados obtenidos en cuanto a el cálculo del aporte a indicadores de calidad media e individual, es posible valorar el impacto a estos indicadores que tiene el aprovechamiento de consignaciones, tanto en el indicador calculado mensual, como en la banda de neutralidad para el caso de los indicadores de calidad media.

6. Escenarios de gestión complementaria

Además de la coordinación y reprogramación de las consignaciones en la mesa de aprovechamiento, existe otra oportunidad para hacer trabajos conjuntos reduciendo la afectación a indicadores, usando una metodología similar a la planteada en anteriores capítulos, conservando de ella los conceptos de consignación principal y consignación dependiente.

Cuando un que cuando un equipo encargado de la operación pretende realizar una consignación cuya afectación es menor a 0,2 minutos, es decir que para su aprobación no es necesario que haga parte de la mesa de aprovechamiento, esta consignación puede hacer parte del aprovechamiento de consignaciones en el rol de consignación dependiente, siempre y cuando se pueda encontrar una consignación principal a la cuál subordinar la fecha de su ejecución. Esta consignación principal deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Su zona de desconexión deberá ser mayor que la de la candidata a consignación dependiente.
- Todos los activos por desconectar para la consignación dependiente deben estar contenidos dentro de la zona de desconexión de la consignación principal.
- Su duración debe ser mayor que de la candidata a consignación dependiente.
- Deberá encontrarse en el archivo en el cuál reposa la información de las consignaciones que hicieron parte de la anterior mesa de aprovechamiento.

Para garantizar que los equipos tengan la información de las potenciales consignaciones principales, se ha diseñado una herramienta de búsqueda, la cual contiene toda la información necesaria de las consignaciones que pasan por la mesa de aprovechamiento y un buscador interactivo que permite conocer las consignaciones programadas para un circuito, subestación o región, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5.

Buscador de consignaciones planificadas por zona.

Búsqueda General
Gestión de Consignaciones

Plan de Choque 2023-2024
calidad del servicio

Regresar al Inicio | Búsqueda Detallada

Código de Trabajo	Número de Consigna	Fecha de Inicio	Fecha de Fin	Tipo_CL / Estado_CSG	Profesional Encargado / Equipo de Trabajo	Observación			
73501	POZO NUTRIA	BARRANCA	TRMS075	784314	26/06/2023	26/06/2023	PROGRAMADA - MT / AUTORIZADO	FUENTES BARRERA ALVARO JULIAN / EQUIPO EXPANSIÓN Y REPOSICIÓN STL	
73502	POZO NUTRIA	BARRANCA	TRMS075	784314	26/06/2023	26/06/2023	PROGRAMADA - MT / AUTORIZADO	FUENTES BARRERA ALVARO JULIAN / EQUIPO EXPANSIÓN Y REPOSICIÓN STL	
73501	POZO NUTRIA	BARRANCA	TRMS075	784314	26/06/2023	26/06/2023	PROGRAMADA - MT / AUTORIZADO	FUENTES BARRERA ALVARO JULIAN / EQUIPO EXPANSIÓN Y REPOSICIÓN STL	EXCLUIBLE
73502	POZO NUTRIA	BARRANCA	TRMS075	784314	26/06/2023	26/06/2023	PROGRAMADA - MT / AUTORIZADO	FUENTES BARRERA ALVARO JULIAN / EQUIPO EXPANSIÓN Y REPOSICIÓN STL	EXCLUIBLE

Nota. Fuente: presente estudio.

Debido a que estas oportunidades de aprovechamiento se encuentran por fuera de la metodología desarrollada por este trabajo de grado, es necesario identificar las que son de este tipo y el código de su consignación principal para poder calcular su aporte a los indicadores y su porcentaje de ejecución respecto de la planeación.

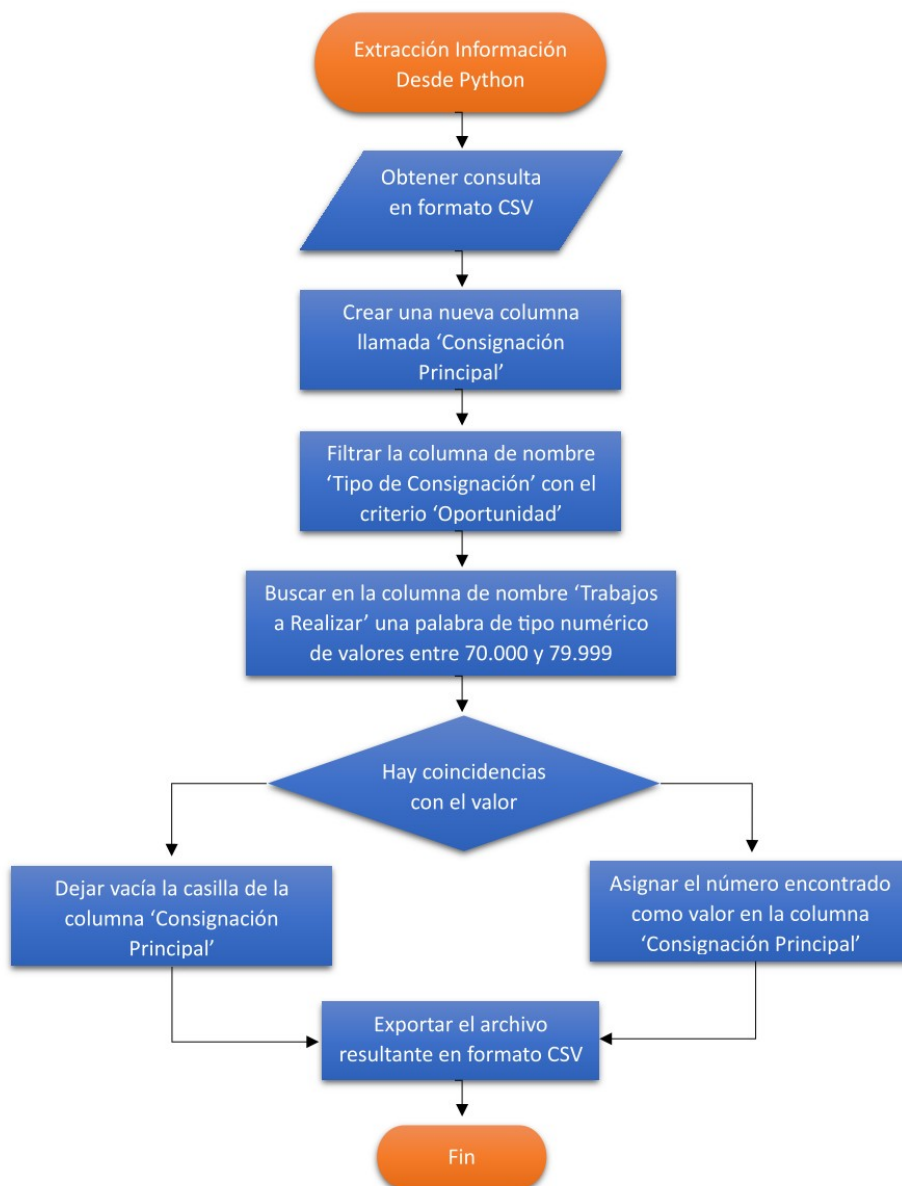
Para realizar este aprovechamiento adicional se debe garantizar que los equipos encargados de las consignaciones registren la consignación en el software EnerGis cumpliendo con dos requerimientos:

- Seleccionar en el campo de lista desplegable llamado ‘Tipo de Consignación’ la opción ‘Oportunidad’
- En el campo de texto llamado ‘Trabajo a Realizar’ indicar el código de la consignación principal y las maniobras de operación propias de la consignación dependiente.

Una vez registradas de este modo las consignaciones dependientes, es posible hacer una consulta en el software EnerGis de todas las consignaciones que incluye los dos campos descritos anteriormente, en formato CSV. Para poder extraer la información de este archivo, se desarrolló un código en lenguaje Python que sigue la lógica del diagrama de flujo en la Figura 6.

Figura 6.

Diagrama de flujo para identificación de consignaciones dependientes y extracción del código de su consignación principal.



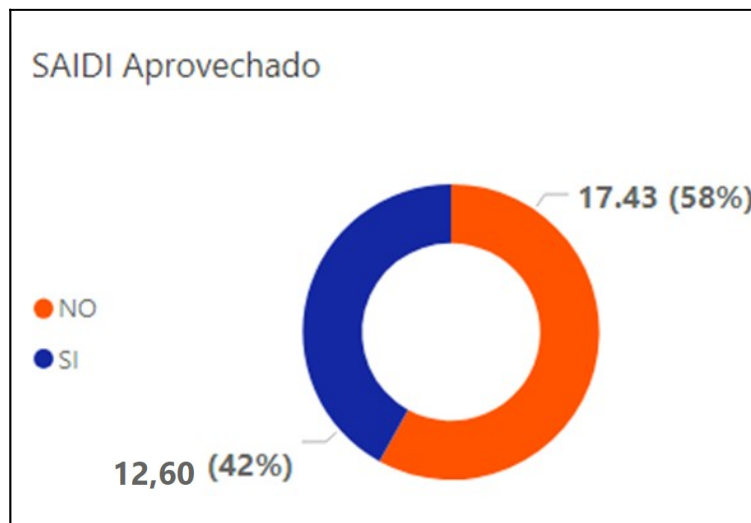
Nota. Fuente: presente estudio.

Con la información obtenida en el paso previo es posible calcular el aporte a indicadores de estas consignaciones con el método de cálculo del capítulo 5 y determinar cuáles de las consignaciones dependientes y principales se ejecutaron y así establecer si hubo lugar al

aprovechamiento. Para los meses de mayo y junio de 2023, con esta metodología de aprovechamiento, se programaron consignaciones dependientes con un aporte total de 30,03 minutos y 37,28 minutos de SAIDI, respectivamente. El porcentaje de ejecución de esta programación y la afectación evitada a este indicador se encuentra en la Figura 7 y Figura 8, respectivamente para mayo y junio.

Figura 7.

Aporte a SAIDI aprovechado y no aprovechado en mayo de 2023.

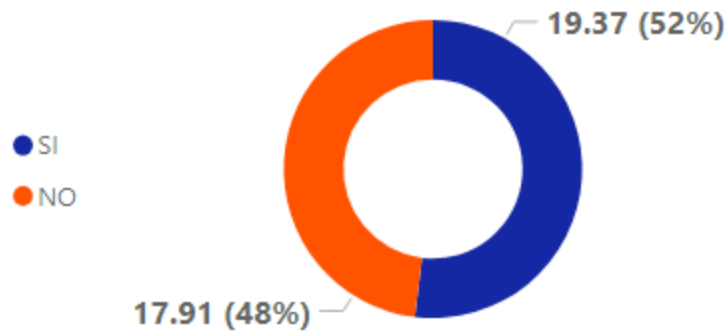


Nota. Fuente: presente estudio.

Figura 8.

Aporte a SAIDI aprovechado y no aprovechado en junio de 2023

SAIDI Aprovechado



Nota. Fuente: presente estudio.

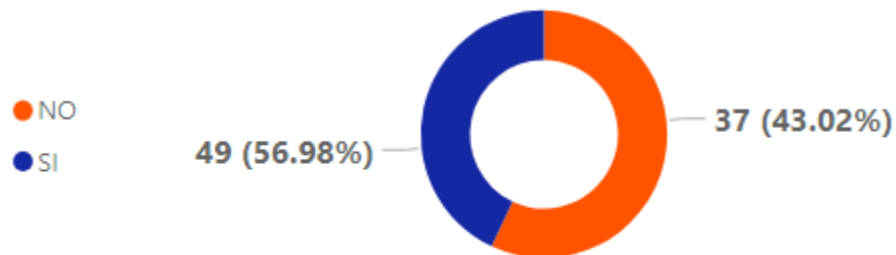
De lo anterior se puede notar que bajo este método de aprovechamiento para el mes de mayo fue posible evitar 12,60 minutos de afectación al indicador SAIDI y 19,37 minutos para el mes de junio.

Figura 9.

Cantidad de consignaciones dependientes ejecutadas versus no ejecutadas en mayo.



Consignaciones Dependientes Aprovechadas

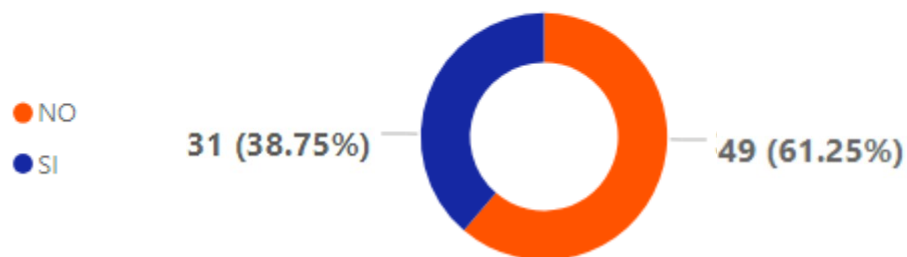


Nota. Fuente: presente estudio.

Figura 10.

Cantidad de consignaciones dependientes ejecutadas versus no ejecutadas en junio.

Consignaciones Dependientes Aprovechadas



Nota. Fuente: presente estudio.

Respecto del porcentaje de ejecución de la planeación se encuentran entre el 43,02% y el 38,75%, respecto de la cantidad de consignaciones planificadas, según la Figura 9 para mayo y Figura 10 para junio.

7. Conclusiones

Considerando la expectativa de los resultados del proyecto corporativo de Aprovechamiento de Consignaciones y los resultados obtenidos en este trabajo de grado, se

concluye que aunque no se puede asegurar que al implementar estas medidas los indicadores de calidad media de un mes se reducen frente a los indicadores de otro mes diferente, sí es posible afirmar que debido a la gestión de consignaciones y su ejecución, los indicadores de calidad de un mes de estudio se ven reducidos respecto de los indicadores de ese mismo mes, de no haberse ejecutado la gestión de consignaciones. El nivel de reducción, en planificación, para cualquier mes es significativo, comparado no sólo con el indicador real calculado del mes sino también respecto de la banda de neutralidad.

En cuanto a la ejecución, también se realizó una reducción en los indicadores, aunque en menor medida que en la planeación debido a la cancelación o reprogramación de las consignaciones. Esto se sustenta en el porcentaje de cumplimiento de la planificación, especialmente en el mes de mayo, donde el indicador SAIDI pudo ser de 112,3398 [min] pero se obtuvo un valor de 119,4173 [min]. Para el mes de junio este mismo indicador pudo ser de 82,2342 [min] y se obtuvo un valor de 84,3242 [min]. Este proyecto corporativo brinda un mecanismo efectivo para la reducción de los indicadores de calidad media, especialmente los indicadores SAIDI y ENS en los que se vio el mayor impacto; para el indicador SAIFI el impacto fue positivo, aunque en perspectiva con el indicador total calculado, fue menor que el impacto que tuvo en el indicador SAIDI. En cuanto al indicador ENS, su impacto no se ve reflejado como un porcentaje sino como una magnitud en [MW], que indica la energía no suministrada como causal de una consignación. Si la consignación se ejecuta como dependiente y conforme a la gestión, esta energía, en percepción de la empresa, sí pudo ser suministrada y facturada.

En el impacto que se evidencia en los indicadores de calidad individual es positivo, aunque las cifras obtenidas en la Tabla 14 sugieren que esta medida tiene una efectividad

despreciable para los indicadores de calidad individual DIU y FIU. Esto debido a que, los indicadores de calidad individual solo se ven afectados cuando una o más consignaciones dependientes se ejecutan en la red de un mismo usuario, lo que es poco probable debido a la cantidad de usuarios conectados al SDL.

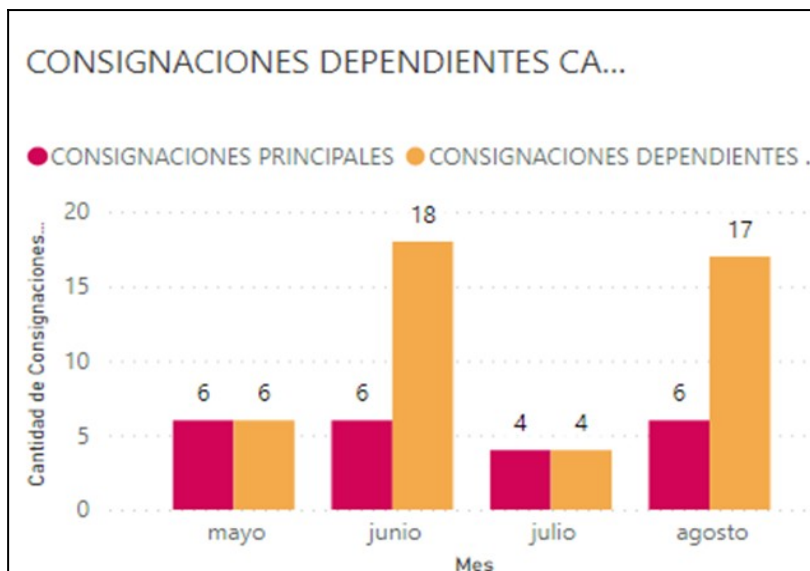
La metodología de aprovechamiento planteada en el capítulo 7 resulta mucho más efectiva en cuanto los aspecto de aprovechamiento total de SAIDI y de porcentaje de ejecución. Esto puede deberse a la flexibilidad en los tiempos de programación. La reducción total del SAIDI en ejecución es mayor incluso que la de la planeación de la metodología del capítulo 5.

8. Recomendaciones

Para aumentar la eficacia de este proyecto se hacen algunas recomendaciones en cuanto a su operación y a su metodología de implementación. De manera principal, es importante aumentar el porcentaje de cumplimiento de la planeación de las consignaciones dependientes, priorizando especialmente la ejecución de las consignaciones con mayor aporte a SAIDI, que es el indicador con el mayor impacto. Se propone focalizar la atención en las consignaciones que tengan un aporte mayor a 0,1 [min] de SAIDI como parámetro, por ejemplo, para el mes de junio se identificó que el 7,5% de la cantidad total de consignaciones dependientes, proporcionan el 52,12% del total del aporte en SAIDI posible, como se muestra en la Figura 12. En este sentido, es importante priorizar la ejecución de las consignaciones principales porque la cancelación de estas consignaciones genera la cancelación de varias consignaciones dependientes, según lo mostrado en la Figura 11.

Figura 11.

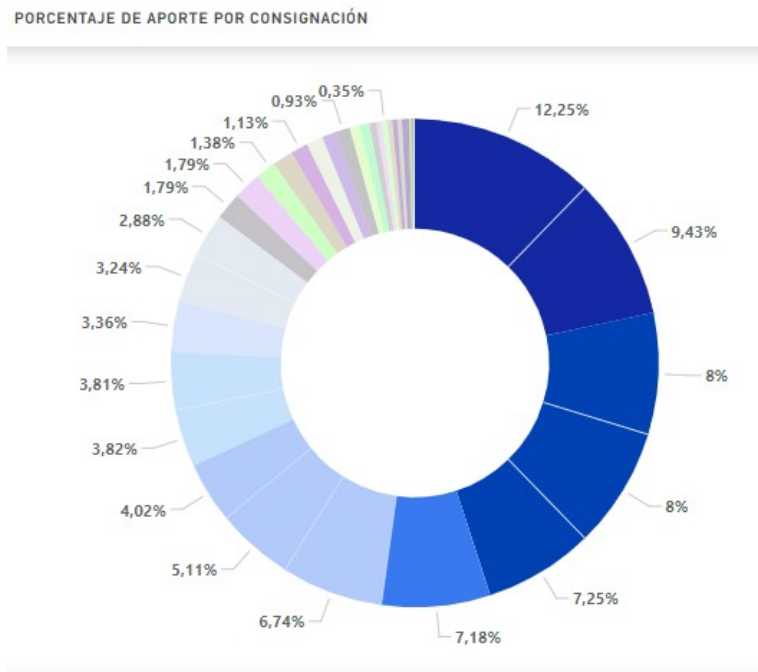
Cantidad de consignaciones principales canceladas y consignaciones dependientes asociadas a ellas.



Nota. Fuente: presente estudio.

Figura 12.

Aporte de cada consignación frente al total del SAIDI posible de aprovechamiento del mes de junio.



Nota. Fuente: presente estudio.

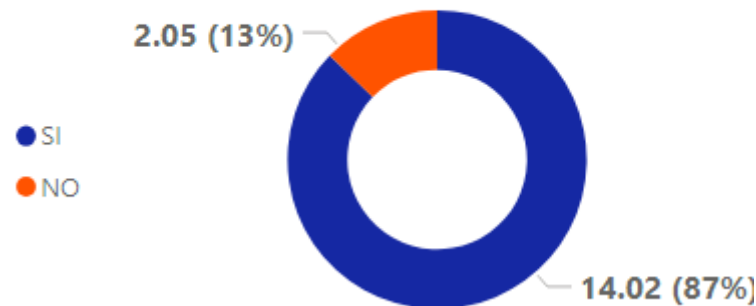
Debido al porcentaje de cumplimiento de los meses estudiados en este trabajo de grado,

para el mes de julio, que no hace parte de este estudio pero que también es objeto del aprovechamiento de consignaciones, se implementó un seguimiento a la ejecución de las consignaciones y se adoptaron medidas para garantizar los trabajos de la gestión de consignaciones, esto hizo que se lograra un cumplimiento de la planeación mucho mayor al de los dos meses previos. Par el mes de julio el aporte total de las consignaciones dependientes ejecutadas conforme a la gestión fue de 14.02 [min] en SAIDI y un porcentaje de ejecución de la planeación de 62,69% como indican la Figura 13 y Figura 14, respectivamente. Esto indica que al aumentar el porcentaje de cumplimiento en ejecución puede impactar positivamente y en mayor medida a los indicadores de calidad media.

Figura 13.

Aporte a SAIDI aprovechado y no aprovechado en julio de 2023.

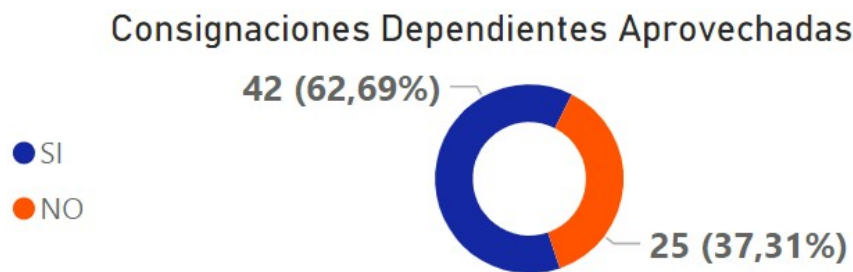
SAIDI Aprovechado



Nota. Fuente: presente estudio.

Figura 14.

Cantidad de consignaciones dependientes ejecutadas versus no ejecutadas en junio.



Nota. Fuente: presente estudio.

Se recomienda enlazar las tareas del plan de choque asignadas a los equipos de operación para ejecutar en las zonas críticas, de modo que se ejecuten estas actividades de programación a corto plazo, es decir que se planean con menos de un mes de anticipación y por esto no hacen parte de la gestión de consignaciones; dentro de las fechas y horarios de las consignaciones programadas. En otras palabras, hacer extensivos los principios de la gestión de consignaciones a los trabajos en las zonas críticas con programación a corto plazo, esto no solo aumentaría la cobertura del proyecto de aprovechamiento de consignaciones, sino que además se evitan

algunas aperturas de circuito en estas zonas.

La eficacia de este proyecto corporativo puede mejorarse al fomentar la aplicación de lo descrito en el capítulo 7, estudiar a detalle y mejorar esta metodología puede generar un gran impacto positivo en la calidad del servicio de energía prestado por ESSA.

Por otra parte, no solo se pueden utilizar las consignaciones de TRMS como consignaciones principales, sino también vincular a este proceso y en este mismo rol a las consignaciones nacionales del Sistema de Transmisión Nacional, cuya información y programación se encuentra en XM y las desconexiones de los activos afectados se solicitan de formalmente a la empresa, lo cual hace que la información de estas consignaciones esté disponible para el aprovechamiento de consignaciones.

Referencias

- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (29 de Enero de 2018). Resolución 015 De 2018. *Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional*. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Energía y Minas de la República de Colombia.
- Congreso de la República de Colombia. (11 de Julio de 1994). Ley 142 de 1994. *Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, trasmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética*. Bogotá D.C., Colombia.
- Gestión Operativa ESSA. (Junio de 2018). Documento IEB-413-18-010. *Estudio de Pérdidas Técnicas En Los Niveles de Tensión II Y III de ESSA, I*, 1-55. Bucaramanga, Santander, Colombia: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.
- IEEE Std 1366. (22 de Noviembre de 2022). *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*, 1-44. Revision of IEEE Std 1366-2012.
doi:10.1109/IEEESTD.2022.9955492

Operación y Calidad ESSA. (Abril de 2023). *Estudio de Incremento de Eventos e Indicadores de Calidad 2023*, 18. Bucaramanga, Santander, Colombia: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.

Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios. (Marzo de 26 de 2021). Resolución 20212200012515 de 2021. *Por la cual se expiden los lineamientos para el cargue de información al Sistema Único de Información – SUI aplicable a los prestadores del servicio público de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional*. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Energía y Minas de la República de Colombia.