Bogotá, D.C., siete (7) de octubre de 2025

MEMORANDO INTERNO

PARA: **SUPERVISOR DE CONTRATO IPSE 215-2024**

DE: **SUBDIRECTOR DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS**

ASUNTO: Aceptación del Replanteo propuesto por DISPAC S.A.E.S.P. - Contrato 215 de 2024.

Reciba un cordial saludo,

En respuesta a la aceptación del Replanteo del contrato interadministrativo 215 de 2024 suscrito entre Dispac y el IPSE cuyo objeto es "IMPLEMENTACIÓN DE SOLUIONES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN LA ZONA RURAL DE LOS DEPARTAMENTOS DEL CHOCO, VICHADA Y GUANÍA" y de acuerdo a la reunión llevada a cabo el día 17 de Septiembre del presente año, entre el equipo técnico de la Subdirección de Planificación Energética del IPSE y los profesionales por parte del contratista e interventoria de Dispac , se definieron los ajustes contemplados al replanteo realizado en campo y al informe entregado de manera preliminar. A continuación, se describen las siguientes consideraciones:

Modificatoria de cantidades iniciales:

De acuerdo a las condiciones contractuales descritas en el archivo "PPTO. SSFV INIRIDA 2 GUANIA.xlsx" cuyo valor es $ 3.706.967.316,00, incluyendo del mismo los ítems indirectos de INTERVENTORÍA INTEGRAL ($193.966.018,00) y ADMINISTRACIÓN GENERAL Y ASISTENCIA TÉCNICA($176.522.253,00), se tienen las siguientes actividades con sus respectivas cantidades de generación y redes de media y baja tensión en la zona de influencia de Inirida, cabe aclarar que los principales criterios de diseño y con los cuales se realizan los ajustes y modificaciones propuestos se consignan a continuación.

Condiciones contractuales

Se anexa los presupuesto de cada proyecto como condiciones contratuales.

Se revisaron las justificaciones planteadas frente al replanteo, de las cuales destaca que:

El contrato objeto del presente informe corresponde a la ejecución de un proyecto de infraestructura eléctrica orientado a beneficiar a comunidades localizadas en Zonas No Interconectadas (ZNI), específicamente en el municipio de Inírida, departamento del Guainía. Este proyecto fue autorizado por el Ministerio de Minas y Energía en articulación con el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), entidades encargadas de promover soluciones sostenibles para el acceso universal a la energía.

El propósito principal de este proyecto es la construcción, instalación y puesta en funcionamiento de 42 sistemas solares fotovoltaicos individuales, así como la implementación de soluciones para 65 usuarios a través de micro redes eléctricas. Estas soluciones energéticas permitirán mejorar significativamente la calidad de vida de las comunidades beneficiarias, brindándoles acceso confiable y continuo a energía limpia, en zonas rurales de difícil acceso que históricamente han carecido de conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

ITEM 2.11: PANEL SOLAR 550W.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de Panel Solar de 550 W Mono PERC incluido en TIER-1 incluye, cable solar XLPE 4mm2, par de conectores MC4 y caja de conexión IP68 con diodos de paso con las siguientes características: η ≥ 20%; tolerancia +3% condiciones STC. Garantía de producción a 12 años ≥ 90% y ≥ 80% a 25 años, temperatura de trabajo de -40ºC +80ºC, IEC61205. Certificación de conformidad de producto RETIE.

ITEM 2.11R: PANEL SOLAR 550W.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de Panel Solar de 550 W Mono PERC incluido en TIER-1 incluye, cable solar XLPE 4mm2, par de conectores MC4 y caja de conexión IP68 con diodos de paso con las siguientes características: η ≥ 20%; tolerancia +3% condiciones STC. Garantía de producción a 12 años ≥ 90% y ≥ 80% a 25 años, temperatura de trabajo de -40ºC +80ºC, IEC61205. Certificación de conformidad de producto RETIE.

Justificación:

Durante la revisión técnica del sistema fotovoltaico SSFVI y su correspondiente análisis de rediseño aprobado por la interventoría, se evaluó el APU correspondiente al suministro, transporte e instalación de cableado solar.

Material inicialmente considerado:

• Cable Cu solar XLPE 6 mm 1 kV 90 °C – 1,47 ML

Material final ajustado tras rediseño:

• Cable Cu solar XLPE 4 mm 1 kV 120 °C – 1,47 ML

Este cambio se fundamenta en las nuevas especificaciones técnicas definidas en las memorias de cálculo SSFVI (Anexo 9) y el plano eléctrico del sistema SSFVI (Anexo 10), donde se determinó que el calibre 4 mm² con aislamiento para 120 °C cumple satisfactoriamente los requisitos de corriente, caída de tensión y temperatura, sin comprometer el desempeño del sistema.

Motivo del cambio:

1. Cumplimiento normativo – Protección acorde al calibre (RETIE): Según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE 2023, Artículo 2.3.10. Conductores y cables (Protección de los conductores), "todo conductor debe estar protegido contra sobre corrientes mediante un dispositivo de protección cuya corriente nominal no exceda la capacidad del conductor".

o El conductor de 6 mm² requiere protección superior a 25 A.

o El conductor de 4 mm² puede protegerse adecuadamente con protecciones de 20 A, cumpliendo plenamente con RETIE, además de adaptarse mejor al diseño de baja corriente del sistema.

2. Balance económico positivo: Aunque ambos conductores cumplen técnicamente con la capacidad de transporte de corriente en este sistema, el cable de 6 mm² exigía el uso de interruptores de 2P 25 A B 500 VDC, los cuales tienen mayor costo unitario y menor disponibilidad en el mercado nacional. En cambio, el cable 4 mm² permite utilizar interruptores de 2x20 A, que son más económicos y disponibles, reduciendo el costo total de materiales sin comprometer la seguridad ni el rendimiento.

3. Optimización del diseño para evitar sobrecostos innecesarios:

o El rediseño del sistema busca eficiencia técnica y económica, manteniendo la funcionalidad y confiabilidad del sistema con una reducción del valor del APU, en lugar de incurrir en sobrecostos injustificados.

o El cable de 4 mm², al ser certificado y apto para condiciones ambientales exigentes (UV, alta temperatura, 1 kV), representa una solución más económica sin sacrificar la calidad.

ETAPA 1 - CABLE SOLAR A TABLERO DE CONEXIONES			
Distancia Panel FV a caja de conexiones (m)	12	**Calibre de conductor solar (mm2)**	**4,0**
Resistencia máxima a 20 °C (ohm/km)	5,09	Regulación de tensión	0,86%
Corriente de corto circuito del panel FV (A)	14,00	Número de conductores por tramo	2

Características de construcción y dimensiones

Construction characteristics and dimensions

Código *Code*	Calibre *Size*	Diámetro exterior *External Diameter*	Clase de cableado *Stranding Type*	Masa total *Total Weight*	Radio mínimo de curvatura *Minimum bending radius*	Resistencia máxima del conductor *Max. Conductor Resistance*	Capacidad de Corriente* *Ampacity*
	mm^2	mm		kg/km	mm	Ω/km	A
31399000601	4	5.6	Flexible	65	22	5.09	44
31399000701	6	6.8	Flexible	85	27	3.39	57
31399000801	10	7.9	Flexible	140	32	1.95	80

Para consultar el detalle de la oferta económica con estos ajustes, ver Anexo 5 – Libro Material I.

Conclusión:

Esta actualización técnica permite una mejor gestión del recurso sin afectar el presupuesto asignado. El presente ajuste ha sido revisado por el equipo técnico y cuenta con la validación formal de la interventoría.

ITEM 2.13: GABINETE AUTOSOPORTADO.

Diseño inicial: Suministro e instalación de gabinete auto soportado en lámina galvanizada de 598 mm de ancho x 840 mm de alto x 460 mm de fondo en lámina CR calibre 16, con pintura electrostática gris rall 70-32, accesorios, conexionado, cableado, canalización, fijación y protecciones eléctricas incluye DPS de BT, para el alojamiento de equipos y accesorios, tipo interior.

Todas las puertas deberán abrir únicamente en sentido lateral mínimo 120° respecto a la sección horizontal superior del armario, deben poseer una agarradera que facilite su accionamiento y las bisagras deben ser galvanizadas, cromadas, niqueladas o en acero inoxidable, bronce o aluminio suficientemente fuertes para asegurar rígidamente la puerta de la estructura e instaladas sin que pierdan el recubrimiento protector IP 30.

El encerramiento metálico deberá estar debidamente marcado y cumplir con los requerimientos mínimos de seguridad definidos por el RETIE numeral 20.23.

ITEM 2.13: GABINETE AUTOSOPORTADO.

Diseño propuesto: Suministro e instalación de gabinete autosoportado en lámina

galvanizada de 598 mm de ancho x 840 mm de alto x 460 mm de fondo en lámina CR calibre 16, con pintura electrostática gris rall 70-32, accesorios, conexionado, cableado, canalización, fijación y protecciones eléctricas incluye DPS de BT, para el alojamiento de equipos y accesorios, tipo interior.

Todas las puertas deberán abrir únicamente en sentido lateral mínimo 120° respecto a la sección horizontal superior del armario, deben poseer una agarradera que facilite su accionamiento y las bisagras deben ser galvanizadas, cromadas, niqueladas o en acero inoxidable, bronce o aluminio suficientemente fuertes para asegurar rígidamente la puerta de la estructura e instaladas sin que pierdan el recubrimiento protector IP 30.

El encerramiento metálico deberá estar debidamente marcado y cumplir con los requerimientos mínimos de seguridad definidos por el RETIE numeral 20.23.

Justificación:

Durante el proceso de verificación técnica y rediseño del APU denominado "Suministro e instalación de gabinete auto soportado en lámina de las instalaciones sistemas solar fotovoltaicos individuales (SSFVI)", el equipo de ingeniería del proyecto, en coordinación con la interventoría, identificó la necesidad de ajustar los materiales inicialmente contemplados. Esta decisión se basa en la revisión de los nuevos diseños eléctricos y las actualizadas especificaciones operativas del sistema SSFVI, las cuales están debidamente documentadas en las Memorias de Cálculo (Anexo 9) y el Plano Eléctrico del sistema SSFVI (Anexo 10).

Los materiales inicialmente previstos no corresponden a las condiciones técnicas reales ni al dimensionamiento actualizado del sistema. Estos elementos, aunque funcionales en otro contexto, no son adecuados para el nuevo esquema de operación, ya que el rediseño ha optimizado tanto los niveles de tensión como los requerimientos de protección, derivando en una nueva configuración más precisa y eficiente.

Materiales inicialmente contemplados (excluidos):

- DPS Tipo 2 500 Uc Up 2,5 kV 18-40 kA – 1 unidad
- Interruptor termomagnético 25A 2P 500 VDC 6 Ka – 1 unidad
- Interruptor termomagnético 80A 2P 500 VDC 6 Ka – 3 unidades
- Cable Cu Soldador 2 AWG – 2,94 ml
- Cable Cu SGT 2 AWG – 1,26 ml

Materiales ajustados conforme al nuevo diseño:

- Interruptor termomagnético 20A 2P 125 VDC – 1 unidad
- Interruptor termomagnético 63A 2P 250 VDC – 3 unidades
- Cable Cu SGT 6 AWG – 2,94 ml

• Cable Cu THHN 6 AWG – 6,00 ml

• Cable Cu THHN 8 AWG – 4,00 ml

Este nuevo listado responde a un esquema más racionalizado de protección y conducción eléctrica, con elementos seleccionados específicamente para operar a los niveles reales de tensión continua (DC) del sistema, cumpliendo con los requisitos de seguridad y eficiencia establecidos en la normativa RETIE y en los criterios del fabricante de los inversores y módulos solares.

Motivo del cambio

1. Ajuste de niveles de tensión y corriente reales:

o Los nuevos interruptores y protecciones están dimensionados específicamente para operar a los niveles reales de tensión continua del sistema (<250 VDC), conforme a las especificaciones de los inversores y módulos FV instalados.

o Se elimina la sobredimensión innecesaria de dispositivos de 500 VDC y 80 A, que superaban los requerimientos reales del sistema.

2. Cumplimiento normativo – RETIE:

o Según el RETIE (Resolución 90708 de 2013), – Protección contra sobre corriente,

"Todo conductor debe estar protegido contra sobre corrientes mediante un dispositivo de protección cuya corriente nominal no exceda la capacidad del conductor."

o Por tanto, los nuevos calibres de conductores (6 AWG y 8 AWG) fueron seleccionados con base en la capacidad térmica permitida y su correspondiente protección.

o Las protecciones iniciales exigían conductores de mayor calibre sin justificación técnica dentro del diseño real, lo cual no se ajustaba al principio de proporcionalidad exigido en RETIE.

3. Optimización técnica:

o Se reemplaza el conductor soldador y SGT de 2 AWG por opciones más flexibles, ligeras y de fácil instalación, conservando la sección adecuada para las corrientes esperadas.

Adicionalmente, los precios de los nuevos materiales han sido debidamente justificados con base en el Estudio de Mercado incluido en el Anexo 5, garantizando transparencia en la selección y ajuste del presupuesto. Se destaca que, si bien algunos materiales sustituidos presentan un menor valor unitario, el cambio integral no solo mantiene la funcionalidad del sistema, sino que también representa una optimización técnica y presupuestal adecuada a las condiciones reales del proyecto.

Es importante señalar que la sustitución de estos materiales también implica una variación en el peso total del conjunto del gabinete, lo que incide directamente en las condiciones logísticas de transporte y manipulación en terreno. Esta modificación ha sido

considerada en los análisis técnicos del proyecto y se ajusta a las capacidades de carga y desplazamiento definidas para la implementación en campo, especialmente en zonas rurales de difícil acceso.

Por lo anterior, el cambio de materiales ha sido técnicamente evaluado, verificado por el equipo de ingeniería y aprobado formalmente por la interventoría, asegurando la correcta ejecución y funcionamiento del sistema bajo los nuevos parámetros establecidos.

Para consultar el detalle de la oferta económica con estos ajustes, ver Anexo 5 – Libro Material I.

Conclusión:

El valor del APU pasó de $2.075.909 (dos millones setenta y cinco mil novecientos nueve pesos m/cte) a $2.153.989 (dos millones ciento cincuenta y tres mil novecientos ochenta y nueve pesos m/cte), lo cual representa un incremento de $78.080 (setenta y ocho mil ochenta pesos m/cte).

Con esta actualización, el APU refleja de manera precisa los materiales, cantidades y especificaciones técnicas requeridas para la implementación del sistema SSFVI, según el nuevo diseño aprobado. Esto garantiza una ejecución segura, eficiente y en cumplimiento con los estándares del proyecto establecido.

ITEM 2.14: CONTROLADOR DE CARGA.

Diseño inicial: Suministro e instalación de controlador de carga, 50 A, 48 VDC MPPT Solar; eficiencia mínima del 98%, apto para cargar baterías tipo LiFePO4. Con todas las protecciones eléctricas necesarias en caso de sobrecarga, cortocircuito, advertencia de alto voltaje.

ITEM 2.14: CONTROLADOR DE CARGA.

Diseño propuesto: Suministro e instalación de controlador de carga, 60 A, 48 VDC MPPT Solar; eficiencia mínima del 98%, apto para cargar baterías tipo LiFePO4. Con todas las protecciones eléctricas necesarias en caso de sobrecarga, cortocircuito, advertencia de alto voltaje

Justificación:

Durante el proceso de revisión técnica del ítem denominado "Suministro e instalación de controlador de carga, 50 A, 48 VDC MPPT Solar", el equipo de ingeniería y diseños, determinó la necesidad de ajustar el equipo inicialmente contemplado, como parte de la estandarización tecnológica del sistema solar fotovoltaico individual (SSFVI).

Condición inicial del APU:

Controlador MPPT 50 A, 48 VDC

Condición ajustada:

Controlador MPPT 60 A, 48 VDC

El cambio se justifica en que, tras el análisis de mercado realizado por el equipo técnico, se identificó que el proveedor oficial para el proyecto dispone de controladores MPPT de 60 A, no siendo posible adquirir el modelo de 50 A sin afectar la cadena de suministro. Para garantizar la homologación de los equipos, compatibilidad entre componentes, facilidad en la gestión de garantías y soporte técnico integral, se definió unificar los sistemas bajo un solo proveedor, asegurando mayor confiabilidad operativa y eficiencia logística.

Cabe resaltar que, aunque el equipo incorporado es de mayor capacidad, el precio de referencia utilizado en el APU se mantiene inalterado respecto al controlador de 50 A, evitando impactos presupuestales.

ITEM 2.3.1: MEDIDOR DE ENERGÍA MONOFÁSICO.

Diseño inicial: Medidor de energía monofásico bifilar 5 (80) A, 120 V, calibrado. Incluye sistema de gestión.

ITEM 2.3.1: MEDIDOR DE ENERGÍA MONOFÁSICO.

Diseño propuesto: Medidor de energía monofásico bifilar 5 (80) A, 120 V, calibrado. Incluye sistema de gestión.

Justificación:

Durante la revisión técnica y rediseño del sistema solar fotovoltaico individual (SSFVI), el equipo de ingeniería y diseños, identificó la necesidad de realizar un ajuste en el tipo de medidor contemplado inicialmente en el APU "Suministro e instalación de sistema de medición".

Condición ajustada tras rediseño:

• Cable Encauchetado 2x22 AWG – 2 metros lineales

El cable Encauchetado 2x22 AWG, por su parte, se adiciona para garantizar la adecuada conexión del medidor al sistema de monitoreo y comunicación, cumpliendo con los estándares técnicos exigidos para este tipo de instalaciones.

Justificación técnica – Variación de peso

Durante el proceso de ajuste técnico y revisión del diseño del sistema de monitoreo, se identificó la necesidad de incluir cable Encauchetado 2x22 AWG, el cual cumple una función fundamental en la conexión del medidor con el sistema de comunicación y monitoreo. Este tipo de cable asegura la transmisión confiable de datos y el cumplimiento de los estándares técnicos y normativos aplicables al sistema fotovoltaico residencial.

Como resultado de esta adición, se evidenció una variación leve en el peso total del ítem, pasando de 5,67 kg a 5,75 kg. Este incremento de 0,08 kg obedece directamente a la

incorporación del nuevo material, el cual, aunque liviano, representa una mejora significativa en la funcionalidad y seguridad del sistema.

Este ajuste refleja el compromiso técnico con la calidad, la seguridad operativa y la sostenibilidad del proyecto, alineándose con los lineamientos del Contrato DG-106-2024 y la necesidad de garantizar una implementación adecuada en las comunidades beneficiadas.

Conclusión:

Este ajuste asegura una solución técnica coherente con los objetivos del proyecto y responde a un rediseño estructural validado por el equipo técnico y aprobado por la interventoría.

SISTEMAS DE GENERACION DE 17600 Wp

ITEM 411 511 611 711: PANEL SOLAR 550W.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de Panel Solar de 550 W Mono PERC incluido en TIER-1 incluye, cable solar XLPE 6mm2, par de conectores MC4 y caja de conexión IP68 con diodos de paso con las siguientes características: η ≥ 20%; tolerancia +3% condiciones STC. Garantía de producción a 12 años ≥ 90% y ≥ 80% a 25 años, temperatura de trabajo de -40ºC +80ºC, IEC61205. Certificación de conformidad de producto RETIE.

ITEM 411R 511R 611R 711R: PANEL SOLAR 550W.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de Panel Solar de 550 W Mono PERC incluido en TIER-1 incluye, cable solar XLPE 4mm2, par de conectores MC4 y caja de conexión IP68 con diodos de paso con las siguientes características: η ≥ 20%; tolerancia +3% condiciones STC. Garantía de producción a 12 años ≥ 90% y ≥ 80% a 25 años, temperatura de trabajo de -40ºC +80ºC, IEC61205. Certificación de conformidad de producto RETIE.

Justificación:

Como resultado del proceso de validación técnica derivado de los rediseños implementados para los sistemas de microrredes del proyecto Inírida, se realizó una revisión exhaustiva de los ítems inicialmente contemplados en el contrato. En este contexto, el diseño original especificaba el uso del conductor Cable Cu solar XLPE 6 mm² 1 kV 90 °C. Sin embargo, con base en el análisis detallado de la memoria de cálculo, las condiciones de carga y las distancias reales en campo, se concluyó que el conductor Cable Cu solar XLPE 4 mm² 1 kV 120 °C resulta técnica y operativamente más adecuado para la configuración actual, conservando las mismas características de aislamiento térmico y capacidad de tensión nominal, sin afectar la funcionalidad ni la seguridad del sistema.

Ajuste de conductor solar

Inicialmente, el diseño contemplaba el uso del Cable Cu solar XLPE 6 mm² 1 kV 90 °C, protegido por interruptores unipolares de 20 A. No obstante, al revisar la relación entre calibre y protección bajo los lineamientos del RETIE – Sección(Protección contra sobre corriente), se establece que:

"Todo conductor debe estar protegido contra sobre corrientes mediante un dispositivo de protección cuya corriente nominal no exceda la capacidad del conductor."

Conforme a la NTC 2050 y RETIE, el conductor de 6 mm² posee una capacidad de conducción de corriente de entre 47 A y 57 A (dependiendo de las condiciones de instalación). Por tanto, protegerlo con un dispositivo de 20 A representa una subutilización del conductor, generando un sobrecosto innecesario sin beneficio técnico.

Tras el rediseño, se optó por el Cable Cu solar XLPE 4 mm² 1 kV 120 °C, el cual posee una capacidad térmica adecuada para una protección de 20 A en corriente continua (DC), cumpliendo con lo establecido por el RETIE y ajustándose de forma óptima a las condiciones reales de carga, aislamiento térmico y distancia en campo.

Reconfiguración del sistema – Strings y protecciones

El diseño inicial consideraba una arquitectura de 8 strings independientes, cada uno protegido con interruptores de 1x20 A, lo que implicaba el uso de 8 protecciones y mayor cantidad de conductores, ferretería y espacio en tableros. Como parte del rediseño, se adoptó una arquitectura más eficiente: 4 strings con configuración cada uno con 4 en serie – 2 en paralelo, lo que permite:

• Reducir el número de strings a la mitad.

• Usar solo 4 protecciones de 2x32 A, mejor alineadas con la corriente combinada de los módulos.

• Disminuir la cantidad de canalizaciones, conexiones, peines y elementos auxiliares.

• Optimizar costos sin comprometer la protección del sistema.

Esta modificación cumple plenamente con las recomendaciones de diseño del fabricante de los módulos e inversores, además de los criterios normativos vigentes.

Este ajuste evidencia el compromiso técnico del equipo con la precisión en el diseño, la logística y la manipulación en campo, teniendo en cuenta las limitaciones físicas en zonas rurales de difícil acceso, como es el caso de muchas comunidades del Guainía.

Conclusión:

Para ampliar, validar y corroborar los rediseños implementados en el sistema de generación SSFV, se recomienda consultar los siguientes documentos: • Anexo 1 – Memorias de Cálculo del Sistema de 10 kVA • Anexo 2 – Plano Eléctrico del Sistema de 10 kVA • Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I, donde se detallan los ítems ofertados inicialmente y los ajustes realizados conforme al análisis

técnico validado por el equipo de ingeniería.

ITEM: 4.1.2, 5.1.2, 6.1.2: ACOMETIDA SOLAR 8 LAZOS

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de acometida solar para 8 lazos fotovoltaicos. Incluye cable bajante de los lazos fotovoltaicos Cu solar FV calibre 10 AWG hasta la caja combinadora FV y tubería LiquidTight para ingreso al envolvente, con accesorios.

ITEM: 4.1.2, 5.1.2: ACOMETIDA SOLAR 8 LAZOS

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de acometida solar para 8 lazos fotovoltaicos. Incluye cable bajante de los lazos fotovoltaicos Cu solar FV calibre 10 AWG hasta la caja combinadora FV y tubería LiquidTight para ingreso al envolvente, con accesorios.

Justificación:

Como resultado de los rediseños técnicos realizados al sistema fotovoltaico del proyecto Inírida, se identificó la necesidad de incluir dentro del ítem expuesto el conductor Cable Cu THHN 8 AWG, el cual no se encontraba contemplado en el diseño inicial.

A partir del análisis actualizado y la revisión de los requerimientos normativos y de seguridad eléctrica, se estableció que este conductor es indispensable para realizar la conexión equipotencial de las estructuras metálicas de los paneles solares al sistema de puesta a tierra. Según el rediseño aprobado, se definió una cantidad de 1,5 metros por cada módulo fotovoltaico, lo que corresponde a un total de 48 metros lineales para el conjunto del sistema.

Esta medida fue adoptada en cumplimiento de los requerimientos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, específicamente en los artículos 250-122 y 690-47, que regulan la protección a tierra de partes metálicas expuestas en instalaciones solares fotovoltaicas.

La inclusión del Cable Cu THHN 8 AWG garantiza la seguridad operativa del sistema, reduciendo los riesgos asociados a descargas eléctricas y atmosféricas, y fortaleciendo la integridad del sistema de puesta a tierra conforme a los estándares técnicos vigentes.

Justificación técnica – Incremento del peso del APU por inclusión de conductor Cu THHN 8 AWG

Durante el proceso de actualización y replanteo técnico del proyecto, se identificó la necesidad de incluir el conductor Cu THHN 8 AWG, el cual no se encontraba contemplado en el diseño inicial del sistema fotovoltaico. Este material fue incorporado con el fin de garantizar la conexión equipotencial entre las estructuras metálicas de soporte de los módulos solares y el sistema de puesta a tierra, conforme a los requerimientos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE y otros estándares de seguridad eléctrica.

La inclusión de este conductor generó un impacto directo y considerable en el peso total del APU, el cual pasó de 10 kg a 27 kg, es decir, un incremento de 17 kg, directamente atribuible a los 48 metros lineales de conductor requeridos para la instalación. Este peso adicional incide en los análisis logísticos y de transporte, especialmente en contextos geográficos como Inírida, donde la limitada accesibilidad y las restricciones de carga imponen condiciones particulares sobre la movilización de materiales.

Dado que el peso es un parámetro clave en la determinación de los costos de transporte terrestre y fluvial, así como en la planificación de la ejecución en campo, este ajuste fue incorporado en la actualización del APU correspondiente. El conductor THHN 8 AWG está debidamente ofertado como material base, y puede ser consultado en el Libro de Materiales del archivo PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2.

Por tanto, el incremento en el valor del APU es una consecuencia técnica justificada del aumento de peso del ítem, lo cual fue contemplado en el análisis técnico y presupuestal del proyecto, garantizando la coherencia con las condiciones reales de ejecución, la viabilidad logística y el cumplimiento normativo exigido por el Contrato DG-106-2024.

Conclusión:

Este incremento fue necesario y justificado desde el punto de vista técnico y normativo, garantizando que el sistema cumpla con las condiciones de seguridad exigidas y que la instalación fotovoltaica se ajuste a las normas eléctricas nacionales aplicables. La actualización incluye la incorporación de materiales adicionales como el conductor de puesta a tierra Cable Cu THHN 8 AWG, que no estaba contemplado en el diseño inicial, pero cuya inclusión es obligatoria según la NTC 2050, artículos 250-122 y 690-47.

La incorporación de este material, además de mejorar la seguridad operativa, implica un aumento en el peso total del ítem, generando una variación en las condiciones logísticas de transporte, aspecto considerado y validado en el análisis técnico y económico.

ITEM: 4.1.3, 5.1.3, 6.1.3: CAJA COMBINADORA FV

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de caja combinadora FV. Incluye gabinete eléctrico con cumplimiento RETIE y tapa traslucida, de dimensiones 630x530x180 mm; protecciones, barrajes y DPS Tipo 2.

ITEM: 4.1.3R, 5.1.3R: CAJA COMBINADORA FV

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de caja combinadora FV. Incluye gabinete eléctrico con cumplimiento RETIE y tapa traslucida, de dimensiones 630x530x180 mm; protecciones, barrajes y DPS Tipo 2.

Justificación:

Como resultado de la revisión técnica detallada y la validación de los planos eléctricos iniciales del proyecto, se identificó la necesidad de ajustar tanto las cantidades como la especificación de materiales eléctricos incluidos originalmente en el ítem correspondiente al sistema de protecciones del sistema solar fotovoltaico.

Los ajustes implementados fueron necesarios debido a que el rediseño técnico del sistema, respaldado por las Memorias de Cálculo (Anexo 1) y el Plano Eléctrico actualizado (Anexo 2), evidenció que los componentes inicialmente previstos no se ajustaban a las condiciones reales de operación, ni garantizaban una protección adecuada ni una eficiencia energética conforme a los requerimientos actuales del proyecto.

Materiales inicialmente contemplados:

- Interruptor termomagnético 25A 2P 500 VDC 6 kA
- Interruptor termomagnético 50A 2P 120/240 VAC 10 kA
- Interruptor termomagnético 125A 2P 500 VDC 6 kA
- DPS Tipo 1+2 500 Uc Up 2,5 kV 18-40 kA
- Cable Cu THHN 1/0 AWG

Tras la actualización del diseño, se estableció que estos materiales ya no son requeridos, dado que el sistema ha sido redimensionado eléctricamente, tanto en niveles de tensión como en corrientes nominales. En consecuencia, estos elementos fueron eliminados del APU y reemplazados por componentes que sí se ajustan al nuevo diseño técnico y cumplen con los criterios establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, así como con las mejores prácticas en seguridad eléctrica.

Materiales ajustados e incluidos según rediseño:

- Interruptor termomagnético 32A 2P 250 VDC 4 UNID
- DPS Tipo 1+2 250 Uc Up 2,5 kV 18-40 kA 4 UNID
- Cable Cu THHN 8 AWG 4 ML

Estos componentes fueron seleccionados tras una revisión exhaustiva de las condiciones reales de instalación, considerando:

- La capacidad de interrupción requerida por cada circuito.
- El nivel de tensión continua (DC) real del sistema.
- La caída de tensión admisible conforme a distancias de tendido.
- Las corrientes de operación bajo carga nominal.

Además, fue necesario realizar un ajuste en las cantidades de estos materiales para que se correspondieran con el nuevo esquema de instalación. Dichos ajustes permiten reflejar con mayor precisión las necesidades constructivas y técnicas del sistema solar fotovoltaico, eliminando cualquier sobredimensionamiento o subestimación en el diseño original.

Justificación Técnica:

1. Optimización de Strings: Se pasó de un sistema con 8 strings individuales (con 8 protecciones independientes) a una configuración de 4 strings con ramales en paralelo (4 strings – 4 protecciones). Esto eliminó la necesidad de un barraje central y redujo la cantidad de interruptores requeridos, sin comprometer la funcionalidad ni la seguridad del sistema.

2. Compatibilidad de Protecciones: El interruptor termomagnético de 32A 2P 250 VDC fue seleccionado en reemplazo del de 25A 500 VDC, al ajustarse a los nuevos parámetros eléctricos de corriente nominal y tensión del rediseño. Este cambio mejora la compatibilidad con los controladores utilizados y mantiene la capacidad de corte requerida según las condiciones del sistema. 3. Adecuación del Sistema de Puesta a Tierra: se incluyó cable Cu THHN 8 AWG como salida para tierra, dimensionado conforme a las corrientes de falla presumibles y la normatividad aplicable (NTC 2050, sección 250-122).

4. Distribución y Protección por Controlador: El DPS Tipo 1+2 500 VDC fue reemplazado por cuatro unidades DPS Tipo 1+2 250 VDC, instalados individualmente para cada uno de los 4 controladores. Esta decisión se alinea con las recomendaciones del fabricante y con lo estipulado en la NTC 2050 – Artículo 285-53, que establece la necesidad de proteger individualmente los equipos ante sobretensiones transitorias.

5. Reducción de peso: El peso total del conjunto eléctrico del APU se redujo de 22 kg a 21 kg, generando una ligera mejora en los aspectos logísticos de transporte y manipulación, lo cual tiene impacto directo en costos de operación, especialmente en regiones de difícil acceso.

Conclusión:

Como resultado de los ajustes realizados a partir de los rediseños eléctricos y la validación técnica del sistema, se determinó que era necesario modificar las protecciones, descargadores de sobretensión (DPS) y calibres de los conductores eléctricos originalmente contemplados. Estas modificaciones se fundamentan en las memorias de cálculo detalladas, con el objetivo de garantizar el cumplimiento de las exigencias establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, así como la correcta operación del sistema bajo las condiciones reales de carga y tensión.

Para ampliar, validar y corroborar los rediseños implementados en el sistema de generación SSFV, se recomienda consultar los siguientes documentos:

• Anexo 1 – Memorias de Cálculo del Sistema de 10 kVA

• Anexo 2 – Plano Eléctrico del Sistema de 10 kVA

• Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I, donde se detallan los ítems ofertados inicialmente y los ajustes realizados conforme al análisis técnico validado por el equipo de ingeniería y la interventoría.

ITEM 4.1.4, 5.1.4, 6.1.4, 7.1.4: CONTROLADOR MPPT 250/70A

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de controlador MPPT 250/70A, tensiones de trabajo a 48V, con bluetooth y VE.CAN incorporado para configuración y monitorización de histórico, eficiencia de conversión 99%, función de trabajo en paralelo. Incluye cableado de entrada en calibre 10 AWG, cableado de salida en 2 AWG y cableado de comunicaciones VE.CAN

ITEM 4.1.4R, 5.1.4R, 6.1.4R, 7.1.4R: CONTROLADOR MPPT 250/85A

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de controlador MPPT 250/85A, tensiones de trabajo a 48V, con bluetooth y VE.CAN incorporado para configuración y monitorización de histórico, eficiencia de conversión 99%, función de trabajo en paralelo. Incluye cableado de entrada en calibre 4mm2, cableado de salida en 2 AWG y cableado de comunicaciones VE.CAN.

Justificación:

1. Sustitución del controlador solar MPPT

El diseño original contemplaba un controlador MPPT 250/70A, sin embargo, tras el análisis de las memorias de cálculo (Anexo 1) y la verificación de los parámetros eléctricos reales del sistema, se evidenció que dicho controlador no ofrecía un margen adecuado de operación frente a la corriente generada por el campo fotovoltaico.

Por tal motivo, se definió la necesidad de incorporar un controlador MPPT 250/85A, el cual presenta una mayor capacidad de regulación de corriente (85 amperios), lo que permite:

• Aumentar la eficiencia de carga.

• Reducir el riesgo de sobrecarga y fallos prematuros.

• Garantizar la confiabilidad operativa del sistema en condiciones exigentes.

Este cambio no implicó un aumento en el valor ofertado del APU correspondiente, ya que el ajuste fue absorbido mediante una optimización técnica y financiera interna, manteniéndose el precio original del controlador en el presupuesto del proyecto.

2. Sustitución de conductores

De manera complementaria, el conductor Cable Cu THHN 10 AWG (3,15 mL) fue reemplazado por el conductor Cable Cu solar XLPE 4 mm² 1 kV 120 °C (3,15 mL). Este último, además de ser específicamente diseñado para instalaciones solares, ofrece mayor resistencia térmica, protección UV y durabilidad en ambientes expuestos, alineándose con las condiciones reales del sitio de instalación.

3. Inclusión de puesta a tierra – Cable Cu THHN 8 AWG

También se incorporó al APU el Cable Cu THHN 8 AWG en una cantidad de 3,15 metros

lineales, requerido para asegurar la puesta a tierra de los componentes metálicos del sistema, en cumplimiento de la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, artículos 250-122 y 690-47. Este conductor garantiza la continuidad de la conexión equipotencial y la protección contra descargas atmosféricas o fallos eléctricos.

4. Impacto en el peso y transporte

Estos ajustes, aunque técnicamente necesarios, han tenido un impacto en el peso total del ítem, lo cual genera una variación logística en términos de transporte y manipulación de los materiales. Este aspecto ha sido considerado dentro de la actualización del APU, conforme a los principios de eficiencia operativa y cumplimiento contractual.

VALOR TOTAL OFERTADO INICIAL POR SISTEMA

4.1.4	Suministro, transporte e instalación de controlador MPPT 250/70A, tensiones de trabajo a 48V, con bluetooth y VE.CAN incorporado para configuración y monitorización de historico, eficiencia de conversión 99%, función de trabajo en paralelo. Incluye cableado de entrada en calibre 10 AWG, cableado de salida en 2 AWG y cableado de comunicaciones VE.CAN	UN	2	$	8.740.000,00

VALOR TOTAL OFERTADO FINAL POR SISTEMA

4.1.4R	Suministro, transporte e instalación de controlador MPPT 250/85A, tensiones de trabajo a 48V, con bluetooth y VE.CAN incorporado para configuración y monitorización de historico, eficiencia de conversión 99%, función de trabajo en paralelo. Incluye cableado de entrada en calibre 4mm2, cableado de salida en 2 AWG y cableado de comunicaciones VE.CAN	UN	4	$	17.748.660,00

Como se evidenció en el análisis previo, dentro de la estructuración inicial del proyecto únicamente se contemplaban dos (2) unidades de controlador MPPT por sistema. Sin embargo, con base en los diseños suministrados por el ente encargado y la correspondiente verificación técnica, se estableció que, para dar cumplimiento a los parámetros definidos en dichos diseños, se requiere la instalación de cuatro (4) unidades de controlador por sistema.

Este ajuste fue sustentado a partir de los rediseños técnicos y las memorias de cálculo actualizadas, en las cuales se validó que la cantidad inicial resultaba insuficiente para satisfacer las exigencias energéticas y operativas de cada solución.

Dicha modificación representa un incremento significativo en la cantidad de equipos considerados, y por ende, un ajuste en el valor económico del APU respectivo. No obstante, este cambio resulta imprescindible para asegurar la correcta funcionalidad del sistema, así como el cumplimiento de los requisitos técnicos y normativos vigentes, garantizando una solución integral, eficiente y confiable en campo.

Para ampliar, validar y corroborar los rediseños implementados en el sistema de generación SSFV, se recomienda consultar los siguientes documentos:

• Anexo 1 – Memorias de Cálculo del Sistema de 10 kVA

Anexo 2 – Plano Eléctrico del Sistema de 10 kVA

• Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I, donde se detallan los ítems ofertados inicialmente y los ajustes realizados conforme al análisis técnico validado por el equipo de ingeniería y la interventoría.

ITEM 4.1.5, 5.1.5, 6.1.5: TABLERO PRINCIPAL EN DC.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de tablero principal en DC con cumplimiento RETIE, dimensiones 820x620x300, incluye barrajes de 300 A, protecciones de 80, 100 y 320 A 500VDC y cableado hacia arreglos de baterías e inversores.

ITEM 4.1.5R, 5.1.5R: TABLERO PRINCIPAL EN DC.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de tablero principal en DC con cumplimiento RETIE, dimensiones 820x620x300, incluye barrajes de 500 A, protecciones de 85, 125 y cableado hacia arreglos de baterías e inversores.

Justificación:

Como resultado del proceso de revisión técnica integral realizado sobre el sistema solar fotovoltaico del Proyecto Inírida, se concluyó que varios materiales inicialmente contemplados en el APU no se ajustaban a los requerimientos eléctricos, operacionales y normativos definidos en el diseño final aprobado y validado por la interventoría.

A partir de un análisis detallado basado en las memorias de cálculo, los planos eléctricos actualizados y el cumplimiento de las normas técnicas vigentes (RETIE y NTC 2050), se determinó que los materiales originalmente previstos en el APU estaban sobredimensionados o eran técnicamente incompatibles con la nueva topología y configuración de cargas del sistema.

Materiales eliminados por incompatibilidad con el diseño final:

• Barraje de cobre tropicalizado de 300 A para 16 conexiones

• Interruptor termomagnético 80A 2P 500 VDC 6 Ka

• Interruptor termomagnético 100A 2P 500 VDC 6 Ka

• Interruptor termomagnético 320A 2P 500 VDC 6 Ka

• Cable Cu THHN 350 MCM

Materiales incorporados según nuevos requerimientos técnicos:

• Barraje de cobre tropicalizado de 500 A para 16 conexiones

• Interruptor termomagnético 85A 2P 72–500 VDC 6 Ka

• Interruptor termomagnético 125A 2P 72–500 VDC 6 Ka

• Fusible tipo MEGA de 200A

• Cable Cu THHN 2/0 AWG

• Cable Cu THHN 6 AWG

• Bandeja tipo malla 60×200×3000 mm, incluyendo accesorios de sujeción

Estos nuevos componentes fueron definidos tras un estudio exhaustivo de:

• Curvas de protección de los equipos

• Niveles de cortocircuito esperados

• Configuración de subsistemas

• Criterios de caídas de tensión y compatibilidad entre protecciones

JUSTIFICACIÓN DE CAMBIOS DE MATERIALES

1. Barraje de cobre tropicalizado

• Cambio realizado: o De: *Barraje de cobre tropicalizado de 300 A para 16 conexiones* (2 unidades, peso 2 kg)

o A: *Barraje de cobre tropicalizado de 500 A para 16 conexiones* (2 unidades, peso 6,4 kg)

• Justificación: El cambio se debe a un aumento en la corriente del controlador principal, que pasó de 75 A a 85 A. El barraje anterior de 300 A ya no ofrece un margen de seguridad adecuado. Comercialmente, el siguiente calibre disponible es el barraje de 500 A, el cual garantiza una capacidad de conducción de corriente segura y adecuada para el nuevo diseño del sistema.

2. Interruptor termomagnético 80 A

• Cambio realizado: o De: *Interruptor termomagnético 80 A 2P 500 VDC 6 kA* (4 unidades)

o A: *Interruptor termomagnético 85 A 2P 72–500 VDC 6 kA* (4 unidades)

• Justificación: Inicialmente, el controlador requería una protección de 80 A, pero tras el rediseño, su corriente aumentó a 85 A, por lo tanto, se requiere un interruptor que se ajuste a esta nueva carga. El nuevo interruptor de 85 A cumple con esta necesidad, respetando el nivel de tensión y el poder de corte (6 kA).

3. Cable Cu THHN 350 MCM

• Cambio realizado: o De: *Cable Cu THHN 350 MCM* (4,62 m, peso 8 kg)

o A: *Cable Cu THHN 2/0 AWG* (18,48 m, peso 12,52944 kg)

Justificación: El cable 350 MCM se usaba para una única línea de alimentación al banco

de baterías. En el rediseño se optó por dividir en dos circuitos independientes, lo cual mejora la distribución de corriente y la redundancia. Además, el cable 2/0 AWG proporciona mayor flexibilidad para el tendido físico, siendo más manejable. El cambio fue verificado y respaldado mediante memorias de cálculo conforme a la normativa vigente.

4. Cable de puesta a tierra

• Material nuevo:

o Cable Cu THHN 6 AWG (6,62 m, peso 2,317 kg)

• Justificación: Este material no estaba considerado inicialmente. La norma NTC 2050 establece la necesidad de conductor de puesta a tierra para la seguridad del sistema y del personal. El calibre 6 AWG es adecuado para la capacidad del sistema y su inclusión obedece al cumplimiento normativo.

5. Interruptor termomagnético 100 A

• Cambio realizado:

o De: Interruptor termomagnético 100 A 2P 500 VDC 6 kA (2 unidades)

o A: Interruptor termomagnético 125 A 2P 72–500 VDC (2 unidades, peso 0,24 kg)

• Justificación: La protección de 100 A no es compatible con el nuevo calibre 1/0 AWG. La normativa técnica exige que el interruptor proteja al conductor sin sobredimensionarlo. Por lo tanto, el interruptor de 125 A fue seleccionado para brindar una protección adecuada y segura.

6. Interruptor termomagnético 320 A

• Eliminado:

o Interruptor termomagnético 320 A 2P 500 VDC 6 kA (1 unidad, peso 0,4 kg)

Justificación: Este interruptor estaba previsto para una única línea al banco de baterías. Dado el nuevo diseño con dos circuitos separados, este interruptor ya no es necesario. Las protecciones individuales y adecuadas a cada circuito hacen que este material sea redundante y se elimine del diseño.

7. Fusible MEGA 200 A

• Material nuevo:

o Fusible MEGA 200 A (2 unidades, peso 0,02 kg)

• Justificación: Se incorpora como protección adicional específica para el sistema de baterías, proporcionando una respuesta más rápida ante cortocircuitos severos. Este tipo de fusible es estándar en instalaciones de baterías de potencia y cumple un rol crítico en la seguridad del sistema.

8. Bandeja tipo malla

• Material nuevo:

o Bandeja tipo malla 60×200×3000 mm con accesorios de sujeción (2 unidades, peso 4,8 kg)

• Justificación: La nueva configuración de cableado requiere un soporte adecuado para el tendido y la organización de los conductores. La bandeja tipo malla asegura ventilación, accesibilidad y cumplimiento normativo, además de brindar soporte físico al peso del cableado.

Resumen final del impacto

• La modificación en el controlador (de 75 A a 85 A) implicó una cascada de ajustes técnicos en protecciones, barrajes y conductores.

• El nuevo diseño permite mayor seguridad, redundancia y cumplimiento normativo.

El peso del sistema pasó de 39 kg a 55 kg, reflejando la incorporación de materiales adicionales necesarios para el rediseño estructural y eléctrico.

La selección final de materiales fue realizada con base en criterios técnicos actualizados y fundamentada en un estudio de mercado que valida los precios ofertados. Dicho estudio se encuentra debidamente documentado en el Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, específicamente en el libro MATERIAL I, donde se incluyen costos unitarios, origen (inventario inicial, adquisición nueva o Barranco Minas) y trazabilidad de cada ítem incluido.

Justificación del impacto en el peso

Como consecuencia directa de estas modificaciones, el peso total del conjunto de materiales aumentó de 39 kg a 55 kg, reflejando la incorporación de equipos de mayor capacidad y elementos estructurales más robustos. Este incremento no solo obedece a la especificación técnica requerida, sino que también impacta de manera directa en la logística de transporte y manipulación, aspectos críticos en zonas de difícil acceso como lo es el departamento del Guainía.

En conjunto, todos estos ajustes fueron necesarios para garantizar la operación segura, eficiente y normativamente conforme del sistema fotovoltaico, y forman parte de la estrategia de actualización técnica del proyecto conforme a las realidades del territorio y los estándares del contrato DG-106-2024.

Conclusión:

A partir de la revisión técnica, el replanteo en campo y el análisis detallado de los rediseños eléctricos, el APU en mención fue ajustado en función de las condiciones operativas reales, la normatividad vigente y los principios de eficiencia técnica y económica. Como resultado de este proceso, se realizó una sustitución de materiales

sobredimensionados o improcedentes, incorporando componentes que cumplen plenamente con los nuevos requerimientos del sistema, tanto en términos de seguridad como de funcionalidad.

Para ampliar, validar y corroborar los rediseños implementados en el sistema de generación SSFV, se recomienda consultar los siguientes documentos:

• Anexo 1 – Memorias de Cálculo del Sistema de 10 kVA

• Anexo 2 – Plano Eléctrico del Sistema de 10 kVA

• Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I, donde se detallan los ítems ofertados inicialmente, los materiales eliminados y los nuevos elementos incorporados con su respectiva trazabilidad y justificación técnica-económica.

ITEM 4.1.6, 5.1.6, 6.1.6: BANCO DE BATERIAS.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de banco de baterías de 48800 Wh a 51,2 V. Incluye rack de baterías, cables de interconexión y conexión al sistema de monitoreo mediante protocolo CAN-BUS.

ITEM 4.1.6, 5.1.6: BANCO DE BATERIAS.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de banco de baterías de 48800 Wh a 51,2 V. Incluye rack de baterías, cables de interconexión y conexión al sistema de monitoreo mediante protocolo CAN-BUS.

Justificación:

Como resultado del rediseño integral del sistema de generación, sustentado en memorias de cálculo actualizadas y alineado con los nuevos criterios de configuración eléctrica establecidos en los planos revisados, se evidenció la necesidad de modificar parte de los materiales inicialmente contemplados en el Análisis de Precios Unitarios (APU).

Inicialmente, se había considerado un desconectador de baterías de 600 A; sin embargo, tras la revisión técnica y con base en el rediseño aprobado, se determinó que dicho elemento debía ser sustituido por dos desconectadores de 275 A, en concordancia con la configuración de dos circuitos de baterías independientes planteada en los nuevos planos eléctricos. Esta modificación permite un seccionamiento más eficiente y seguro del sistema de almacenamiento, mejorando su operación y mantenimiento, y garantizando la adecuada protección de los componentes.

Adicional a lo anterior, se incorporó el Cable Cu THHN 8 AWG, indispensable para la correcta puesta a tierra del sistema de baterías, en cumplimiento con lo establecido en la NTC 4552 y el RETIE, normativas que exigen que todos los elementos de un sistema fotovoltaico cuenten con conexión efectiva a tierra para garantizar la protección de

personas y equipos ante fallas eléctricas o descargas atmosféricas.

Como consecuencia de estos ajustes, se presentó un ligero incremento en el peso total del sistema, pasando de 384 kg a 387 kg, debido a la adición de materiales requeridos para cumplir con las nuevas especificaciones técnicas.

Conclusión

Este ajuste económico se encuentra plenamente justificado desde el punto de vista técnico y normativo, ya que responde a la necesidad de adecuar los materiales y componentes del sistema a las condiciones reales de operación, diseño y seguridad eléctrica exigidas por la normativa vigente, en particular el RETIE y la NTC 2050. Los cambios realizados permiten optimizar el desempeño del sistema, mejorar su confiabilidad y asegurar su correcta funcionalidad bajo las condiciones del entorno operativo.

Adicionalmente, los precios de los materiales nuevos fueron definidos con base en un estudio de mercado, cuyas referencias y trazabilidad se encuentran documentadas en el Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I.

Para validar y profundizar en los aspectos técnicos de los rediseños implementados, se recomienda consultar:

• Anexo 1 – Memorias de Cálculo del Sistema de 10 kVA

• Anexo 2 – Plano Eléctrico del Sistema de 10 kVA

• Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I, donde se reflejan los ítems modificados, eliminados o incorporados conforme al análisis técnico-económico validado por el equipo de ingeniería y la interventoría.

ITEM: 4.1.7, 5.1.7, 6.1.7, 7.1.7: INVERSOR DE ONDA PURA DE 5000VA.

Diseño inicial: Suministro e instalación de inversor de onda pura de 5000 VA 120V, FP 0.8, eficiencia del 94% y función de trabajo en paralelo. Incluye cable de salida en calibre 6 AWG.

ITEM: 4.1.7, 5.1.7, 6.1.7, 7.1.7R: INVERSOR DE ONDA PURA DE 5000VA.

Diseño propuesto: Suministro e instalación de inversor de onda pura de 5000 VA 120V, FP 0.8, eficiencia del 94% y función de trabajo en paralelo. Incluye cable de salida en calibre 8 AWG.

Justificación:

Durante el proceso de revisión técnica y validación de los rediseños eléctricos del sistema fotovoltaico del Proyecto Inírida, se identificó una inconsistencia importante entre el diseño gráfico inicial (planos eléctricos) y el contenido del APU correspondiente a la salida del inversor de onda pura de 5000 VA – 120V.

En el diseño original, se representaba la presencia de un conductor de puesta a tierra en calibre 12 AWG, sin embargo, este conductor no fue incluido en el APU inicial como parte del suministro de materiales. Además, luego del análisis técnico basado en las Memorias de Cálculo del Sistema de 10 kVA (ver Anexo 1) y en los criterios normativos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, se determinó que el calibre 12 AWG no es adecuado para cumplir con los requisitos de protección y equipotencialidad exigidos para este tipo de sistemas.

Por lo anterior, se definió la inclusión de un conductor de Cable Cu THHN 8 AWG para la línea de tierra, ajustando así la instalación a una topología trifilar: fase, neutro y tierra, todos en calibre 8 AWG, con aislamiento y capacidad acorde a las condiciones térmicas, mecánicas y operativas del sistema. Este cambio también implicó un aumento en el metraje total, añadiéndose 2,1 metros lineales correspondientes exclusivamente al nuevo conductor de puesta a tierra.

La inclusión del conductor en calibre 8 AWG garantiza:

- Cumplimiento normativo con los artículos 250-122 y 250-95 de la NTC 2050
- Protección efectiva contra sobre corrientes y fallas a tierra
- Continuidad del sistema de equipotencialidad
- Seguridad para los usuarios y longevidad del sistema

Este ajuste, además de mejorar la confiabilidad y seguridad de la instalación, corrige un vacío técnico del APU original, en el cual no se consideraba este elemento esencial, pese a estar indicado en los planos iniciales. La actualización fue validada por el equipo técnico e interventoría, y sus impactos económicos y de peso se encuentran debidamente justificados en el Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I.

Conclusión:

El valor del APU pasó de $10.078.137 (diez millones setenta y ocho mil ciento treinta y siete pesos m/cte) a $10.057.985 (diez millones cincuenta y siete mil novecientos ochenta y cinco pesos m/cte), lo cual representa una disminución de $20.151 (veinte mil ciento cincuenta y un pesos m/cte).

Esta reducción es el resultado del ajuste técnico efectuado en la salida del inversor de 5000 VA – 120V, donde se reemplazó el conductor THHN 6 AWG por THHN 8 AWG, garantizando el cumplimiento de los parámetros eléctricos, la normativa vigente (NTC 2050) y una operación segura del sistema. Adicionalmente, se incorporó el conductor de puesta a tierra en calibre 8 AWG, el cual, si bien estaba representado en el plano original (con calibre 12 AWG), no se encontraba contemplado en el APU inicial y no cumplía con

la normativa.

Este ajuste mejora la eficiencia del diseño y asegura la correcta operación y protección del sistema sin generar sobrecostos significativos. Los detalles técnicos y económicos del cambio se encuentran disponibles en el Anexo 1 – Memorias de Cálculo del Sistema de 10 kVA, Anexo 2 – Plano Eléctrico del Sistema de 10 kVA y Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I.

Soporte Técnico — Dimensionamiento Planta 12 kVA

De acuerdo con la normativa CENS para el sector rural, la demanda promedio se estima en 0,5 kVA por usuario. Para la comunidad de Morroco Nuevo, conformada por 19 usuarios, la demanda básica resulta en 9,5 kVA.

Con el fin de garantizar la continuidad del servicio, cubrir picos de arranque y prever crecimiento futuro, se aplica un factor de reserva del 25 %, alcanzando una capacidad requerida de 11,9 kVA. En consecuencia, la propuesta de una planta de 12 kVA resulta técnicamente adecuada, cumple con la normativa vigente y asegura la prestación del servicio bajo estándares de calidad y confiabilidad.

Todas las microredes contempladas en el Proyecto Inírida 2 fueron actualizadas en lo correspondiente a sistemas de puesta a tierra (SPT), retenidas y demás ajustes derivados de los informes de replanteo, incorporando mejoras que optimizan la confiabilidad y calidad de la red de distribución. Toda la información técnica y los documentos respaldatorios han sido debidamente cargados y actualizados

ITEM 4.1.8, 5.1.8, 6.1.8: TABLERO DE INVERSORES EN AC.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de tablero de inversores en AC con cumplimiento retie, dimensiones 420x320x200 mm, incluye barrajes de 125 A, protecciones de 50 A y 100 A 120 Vac, y cableado de salida a autotransformador

ITEM 418R 518R: TABLERO DE INVERSORES EN AC.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de tablero de inversores en AC con cumplimiento retie, dimensiones 420x320x200 mm, incluye barrajes de 125 A, protecciones de 40 A y 100 A 120 Vac, y cableado de salida a autotransformador.

Justificación:

Como resultado de la revisión técnica integral del diseño final del sistema eléctrico, y

con base en los análisis detallados contenidos en las Memorias de Cálculo del Sistema de 10 kVA (Anexo 1) y los Planos Eléctricos actualizados (Anexo 2), se identificó la necesidad de ajustar ciertos materiales contemplados inicialmente en el APU del tablero de inversores en corriente alterna (AC).

1. Interruptor termomagnético 50 A 2P 500 VDC 6 kA

• Cambio realizado:

o De: Interruptor termomagnético 50 A 2P 500 VDC 6 kA – UN 2,0

o A: Interruptor termomagnético 40 A 1P 120/240 VAC 10 kA – UN 2,0

• Motivo del cambio: El material ofertado inicialmente no es coherente con el diseño original, que contemplaba un interruptor 1P 50 A, no 2P. Al realizar la validación técnica con base en las condiciones reales del inversor y los parámetros eléctricos de operación, se determinó que la protección adecuada es de 40 A monofásica en AC. Esto fue sustentado con memorias de cálculo eléctricas, las cuales evidencian que una protección de 40 A permite un funcionamiento seguro y eficiente, acorde a la corriente nominal de salida del inversor y el calibre del conductor. Además, se corrige el tipo de tensión de la protección: el modelo original era para DC (corriente continua), pero esta sección corresponde a AC (corriente alterna).

2. Cable Cu THHN 1/0 AWG

• Cambio realizado:

o De: Cable Cu THHN 1/0 AWG – ML 3,2

o A: Cable Cu THHN 2 AWG – ML 3,2

Motivo del cambio: El conductor 1/0 AWG fue inicialmente sobredimensionado respecto a las corrientes reales del sistema. Al realizar los cálculos eléctricos precisos conforme a los datos de operación del inversor (corriente nominal, caída de tensión permitida, longitud del tramo y método de instalación), se determinó que el cable 2 AWG es suficiente para cumplir con los requisitos técnicos y normativos de conducción y seguridad, además de optimizar el uso de materiales y el peso del sistema.

3. Interruptor termomagnético 100 A 2P 500 VDC 6 kA

• Cambio realizado:

o De: Interruptor termomagnético 100 A 2P 500 VDC 6 kA – UN 1,0

o A: Interruptor termomagnético 100 A 1P 120/240 VAC 10 kA – UN 1,0

• Motivo del cambio: El equipo ofertado originalmente era de tipo DC, lo cual no corresponde al sistema en el cual será instalado, ya que este tramo opera en corriente alterna (AC). Por lo tanto, se reemplaza por un interruptor 1P para 120/240 VAC, con igual capacidad de corriente nominal y un poder de corte adecuado (10 kA), garantizando

así una protección correcta y segura para el tipo de tensión del sistema.

Esta modificación se sustenta en la normativa técnica vigente, específicamente en lo dispuesto por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE y la NTC 2050, las cuales exigen una correcta protección contra sobre corrientes, adecuada selección del calibre del conductor, y condiciones seguras de operación en instalaciones con equipos inversores.

Asimismo, se aclara que el ajuste también responde a la necesidad de garantizar compatibilidad entre protecciones, distancias reales de instalación, y cargas efectivas, conforme al diseño aprobado y validado por la interventoría.

Justificación técnica del cambio de peso por sustitución de materiales

Durante el proceso de optimización técnica y económica del proyecto, se realizó un ajuste en los materiales inicialmente contemplados en el análisis de precios unitarios (APU). En la propuesta original, se incluían dos (2) unidades de Interruptor termomagnético de 50A, 2 polos, 500 VDC, 6 kA, con un peso individual de 0,48 kg, y 3,2 metros lineales de cable Cu THHN 1/0 AWG, con un peso total de 2 kg.

Estos elementos fueron sustituidos por otros con características más acordes a la configuración definitiva del sistema: dos (2) unidades de Interruptor termomagnético de 40A, 1 polo, 120/240 VAC, 10 kA, con un peso individual de 0,96 kg, y 3,2 metros lineales de cable Cu THHN 2 AWG, con un peso total de 0,99225 kg.

Como resultado de esta modificación, el peso total del APU pasó de 15,28 kg a 14,70 kg, es decir, una reducción de 0,58 kg. Esta diferencia, aunque leve, impacta directamente en la estimación del ítem de transporte, ya que el peso constituye uno de los parámetros clave en la determinación del costo logístico, especialmente en zonas de difícil acceso como las previstas en el proyecto Inírida – Individuales y Micro Redes.

Los valores de peso de cada uno de los materiales involucrados están debidamente respaldados y justificados.

Para mayor detalle sobre los materiales ajustados, precios, pesos y su justificación, se recomienda consultar el Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I, donde se encuentra registrada la información económica actualizada.

Conclusión:

Para la validación económica y revisión del peso total ajustado, se recomienda consultar el Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I, donde se encuentran registrados los materiales iniciales, los nuevos ítems incorporados y sus precios según estudio de mercado.

ITEM 4.1.10, 5.1.10, 6.1.10: TABLERO DE DISTRIBUCION EN AC.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de tablero de distribución en AC, para 6 circuitos. Incluye barrajes de 80 A para sistema monofásico trifilar, DPS tipo 2,

protección de entrada de 50 A 120 VAC y protecciones de circuitos de 40 A y 16 A.

ITEM 4.1.10R, 5.1.10R: TABLERO DE DISTRIBUCION EN AC.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de tablero de distribución en AC, para 6 circuitos. Incluye barrajes de 100 A para sistema monofásico trifilar, DPS tipo 1+ 2, protección de entrada de 50 A 120 VAC y protecciones de circuitos de 32 A y 16 A.

Justificación:

Como resultado del rediseño del sistema eléctrico y con base en los documentos técnicos de soporte (Anexo 1: Memorias de Cálculo del Sistema de 10 kVA, Anexo 2: Plano Eléctrico del Sistema de 10 kVA), se estableció la necesidad de realizar modificaciones en los elementos inicialmente contemplados para la instalación del tablero de distribución en corriente alterna (AC), diseñado para seis (6) circuitos.

Inicialmente, el diseño incluía cinco (5) interruptores termomagnéticos de 40 A 2P 120/240 VAC 10 kA. Sin embargo, tras el análisis técnico, se determinó que no cumplían con los requerimientos eléctricos del sistema rediseñado. Por tanto, se efectuaron los siguientes ajustes:

Dos (2) interruptores termomagnéticos de 50 A 2P 120/240 VAC 10 kA, destinados como protecciones generales de entrada.

Un (1) interruptor termomagnético de 32 A 2P 120/240 VAC 10 kA, el cual cumple la función de protección para el dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS).

Un (1) interruptor termomagnético de 30 A 1P 120/240 VAC 10 kA, destinado a la protección del sistema auxiliar.

En cuanto al DPS, aunque ya estaba contemplado en el diseño original, se realizó una actualización de su capacidad, dejando como definitivo un (1) dispositivo de protección contra sobretensiones con señalización tipo 1+2P 275 VAC 20-40 kA, cumpliendo con las especificaciones establecidas por la NTC 2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

Justificación técnica por cambio de barraje de cobre tropicalizado

En la propuesta inicial del sistema, se contemplaba la utilización de tres (3) unidades de barraje de cobre tropicalizado de 80 A para 16 conexiones, como elemento de interconexión y distribución eléctrica dentro del sistema de generación fotovoltaica. Sin embargo, tras la actualización del diseño del sistema —basado en nuevas configuraciones, cálculos de carga, corrientes máximas esperadas y requerimientos normativos— se determinó la necesidad de sustituir dichos barrajes por unidades de mayor capacidad, específicamente:

• Barraje de cobre tropicalizado de 100 A para 16 conexiones – 3 unidades.

Este cambio responde a la necesidad de garantizar una mayor capacidad de conducción de corriente, adecuada a la nueva configuración del sistema, asegurando así la seguridad eléctrica, la durabilidad del equipo y el cumplimiento con las normas técnicas aplicables. La capacidad de 100 amperios permite manejar de forma segura la corriente máxima del sistema rediseñado, evitando sobrecalentamientos y pérdidas eléctricas.

Cabe aclarar que este material ya se encuentra ofertado inicialmente en el Libro de Materiales, por lo cual no representa una inclusión extemporánea sino una reconfiguración dentro del marco técnico del proyecto. La selección fue realizada con base en estudios técnicos y validación del equipo de ingeniería, garantizando que la modificación obedece estrictamente a criterios funcionales y de seguridad.

Adicionalmente, se incorporaron conductores necesarios para la funcionalidad y seguridad del sistema:

Cable Cu THHN 8 AWG, destinado a la puesta a tierra del sistema, requerido por la normativa RETIE para garantizar la protección de personas y equipos eléctricos.

Cable Cu THHN 10 AWG, utilizado en el sistema auxiliar, en conjunto con la protección de 30 A previamente mencionada.

Estos cambios también generaron un incremento en el peso total de los materiales, pasando de 24 kg en la estructuración inicial a 27 kg en la versión ajustada, reflejando una adecuación más precisa a las exigencias normativas y técnicas del sistema.

Conclusión:

Este ajuste se fundamenta en los rediseños eléctricos aprobados, donde fue necesario modificar las protecciones y conductores inicialmente considerados, con el objetivo de garantizar la correcta operación del sistema bajo condiciones reales de carga y en cumplimiento con los estándares exigidos por el RETIE y la NTC 2050. Las modificaciones fueron realizadas con base en los resultados técnicos presentados en las Memorias de Cálculo (Anexo 1) y los Planos Eléctricos del Sistema de 10 kVA (Anexo 2).

Desde el punto de vista económico, esta optimización técnica permitió ajustar el costo del APU sin comprometer la calidad ni la seguridad del sistema. Para consultar los detalles de los materiales incluidos y su justificación económica y de peso, se recomienda revisar el Anexo 5 – PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I.

ITEM 4.2.2, 5.2.2, 6.2.2, 7.2.2: DESMONTE Y LIMPIEZA

Diseño inicial: Desmonte y limpieza del terreno (Incluye retiro de material sobrante).

ITEM 4.2.2, 5.2.2, 6.2.2, 7.2.2: DESMONTE Y LIMPIEZA

Diseño propuesto: Desmonte y limpieza del terreno (Incluye retiro de material sobrante).

Justificación:

Tras el replanteo técnico realizado en las comunidades visitadas dentro del marco del proyecto, se evidenció que no existe acceso por vía terrestre para vehículos de carga como volquetas, debido a las condiciones geográficas, ambientales y a la falta de infraestructura vial. Esta restricción impide la ejecución mecanizada del desmonte y limpieza del terreno (incluyendo el retiro de material sobrante), tal como se había contemplado inicialmente en la estructuración del APU.

Por lo anterior, el desmonte y limpieza debe ejecutarse de forma completamente manual, lo que requiere un mayor esfuerzo físico por parte del personal, un aumento en los tiempos de ejecución. Esta medida se fundamenta en la necesidad de adaptar la ejecución del proyecto a la realidad operativa del terreno, la cual incluye zonas de difícil acceso, transporte por vía fluvial, condiciones climáticas variables y restricciones ambientales que limitan el uso de maquinaria pesada.

Conclusión:

Esta modificación refleja una adecuación técnica y presupuestal acorde a las condiciones del sitio de intervención, mejorando el uso eficiente de los recursos sin comprometer la calidad, seguridad ni el cumplimiento normativo establecido para el proyecto.

ITEM 4.2.3, 5.2.3, 6.2.3, 7.2.3: EXCAVACION MANUAL.

Diseño inicial: Excavación manual (incluye retiro)

ITEM 4.2.3, 5.2.3, 6.2.3, 7.2.3: EXCAVACION MANUAL.

Diseño propuesto: Excavación manual (incluye retiro)

Justificación:

Tras el replanteo técnico realizado en las comunidades donde se desarrollará el proyecto, se verificó que no existen vías de acceso terrestre que permitan el ingreso de maquinaria pesada, como retroexcavadoras o volquetas. La zona únicamente cuenta con accesos fluviales y senderos peatonales, lo que impide el transporte y operación de este tipo de equipos.

Inicialmente, en el análisis de precios unitarios (APU), se contemplaba el uso de una retroexcavadora mini con balde de 30 o 60 cm, incluyendo operario y combustible, para llevar a cabo las actividades de excavación. No obstante, dadas las condiciones reales del terreno —caracterizado por topografía irregular, ausencia de infraestructura vial y limitaciones logísticas— se concluyó que este método de ejecución no es viable.

Adicionalmente, factores como la alta humedad del suelo, el espesor de la vegetación y la necesidad de evitar afectaciones en el entorno reforzaron la decisión técnica de optar por excavación manual. Esta actividad, además de ser más adaptable a los requerimientos de la zona, permite realizar los trabajos de manera segura y controlada, utilizando herramientas menores, y respetando las condiciones ambientales y sociales

del entorno.

ITEM: 4.2.5, 5.2.5, 6.2.5, 7.2.5: MALLA ESLABONADA.

Diseño inicial: Cerramiento en malla eslabonada, tubo metálico galvanizado con brazo y tres filas de alambre puas, incluye portón de 3 m (2 hojas), platinas y ángulos, excavación, viga de amarre en concreto reforzado de 21 MPa y concreto ciclópeo.

ITEM: 4.2.5, 5.2.5, 6.2.5, 7.2.5: MALLA ESLABONADA.

Diseño propuesto: Cerramiento en malla eslabonada, tubo metálico galvanizado con brazo y tres filas de alambre puas, incluye portón de 3 m (2 hojas), platinas y ángulos, excavación, viga de amarre en concreto reforzado de 21 MPa y concreto ciclópeo.

Justificación:

Tras la validación técnica y el replanteo realizado en las comunidades donde se desarrollarán las obras de cerramiento, se evidenció que no existen recursos locales disponibles para la fabricación del concreto necesario en sitio. Durante las visitas técnicas se confirmó la inexistencia de plantas de concreto, bancos de materiales autorizados o disponibilidad de componentes como piedra rajón y agregados necesarios, lo cual imposibilita la producción de concreto en las zonas de intervención.

El análisis inicial del APU para el transporte de materiales no contemplaba de manera adecuada el peso real de todos los componentes incluidos en el ítem, dejando por fuera dos elementos fundamentales:

Concreto simple resistencia 3000 psi – Mezcla in situ, destinado a la cimentación del cerramiento, incluyendo formaleta de madera.

Concreto ciclópeo 40% piedra rajón y 60% concreto de 17 MPa – Mezcla in situ, igualmente requerido para la estructura de soporte.

Dadas las condiciones topográficas y de aislamiento de las comunidades, se hace necesario transportar desde Inírida todo el material necesario para la elaboración del concreto, lo que incrementa de forma considerable la carga total que debe ser movilizada. Inicialmente se había registrado un peso de 59 kg, el cual no reflejaba la totalidad del volumen de materiales involucrados. Tras el ajuste, se actualizó el peso total del APU a 542 kg, acorde a las cantidades y especificaciones técnicas reales.

Este ajuste resulta fundamental para garantizar que la logística del transporte esté alineada con los requerimientos constructivos, permitiendo que todos los materiales lleguen a destino en las cantidades correctas, evitando retrasos en obra y asegurando el cumplimiento del diseño estructural aprobado.

Ver ANEXO 12. CERTIFICADO DE NO CANTERAS PETREA, el cual certifica las condicional actuales.

Conclusión:

La inclusión de estos materiales omitidos y la actualización del peso garantizan que los costos asociados al transporte reflejen fielmente las condiciones logísticas del proyecto, evitando desfases presupuestales y asegurando el cumplimiento técnico y operativo.

ITEM: 4.2.6, 5.2.6, 6.2.6, 7.2.6: CONCRETO SIMPLE.

Diseño inicial: Concreto simple resistencia 2000 psi - Mezcla in situ para solado de cimentación

ITEM: 4.2.6, 5.2.6, 6.2.6, 7.2.6: CONCRETO SIMPLE.

Diseño propuesto: Concreto simple resistencia 2000 psi - Mezcla in situ para solado de cimentación.

Justificación:

Durante la etapa de validación técnica y replanteo en campo, se revisaron las condiciones logísticas para el suministro de materiales requeridos en la ejecución del APU correspondiente a la conformación de concreto simple de resistencia 2000 psi mediante mezcla in situ, destinado al solado de cimentación.

Inicialmente, el transporte de los materiales estaba proyectado de la siguiente manera:

Carga terrestre Inírida - Comunidades: Cemento hidráulico tipo UG y agua, con un peso total de 390 kg.

Carga terrestre Cantera Pétrea - Comunidades: Agregados finos y gruesos (arena y grava), con un peso de 2.480 kg.

Sin embargo, tras el levantamiento técnico en las comunidades intervenidas, se evidenció la inexistencia de vías de acceso terrestre que permitan el ingreso de maquinaria o transporte por carretera. Asimismo, se confirmó que no existen fuentes locales de materiales pétreos como canteras o depósitos habilitados, lo que imposibilita la obtención de agregados en la zona.

Dadas estas condiciones, fue necesario reformular completamente la estrategia de transporte, centralizando el acopio de todos los insumos en Inírida y gestionando su traslado mediante vía fluvial hacia las comunidades. En consecuencia, el nuevo peso total consolidado bajo esta modalidad asciende a 2.870 kg, lo que representa la suma completa de todos los componentes necesarios para la elaboración del concreto, ahora movilizados desde un único punto de origen.

Este ajuste garantiza la viabilidad operativa de la actividad constructiva en las zonas de intervención, considerando la geografía, accesibilidad y ausencia de recursos locales, lo que permite una ejecución realista y técnicamente sustentada.

Ver ANEXO 12. CERTIFICADO DE NO CANTERAS PETREA, el cual certifica las condicional actuales.

ITEM 4.2.7, 5.2.7, 6.2.7, 7.2.7: CONCRETO SIMPLE.

Diseño inicial: Concreto simple resistencia 3000 psi - Mezcla in situ para cimentación de envolvente, incluye formaleta de madera.

ITEM 4.2.7, 5.2.7, 6.2.7, 7.2.7: CONCRETO SIMPLE.

Diseño propuesta: Concreto simple resistencia 3000 psi - Mezcla in situ para cimentación de envolvente, incluye formaleta de madera.

Justificación:

Durante la revisión técnica y el replanteo efectuado en campo, se evidenció la necesidad de ajustar la estrategia logística inicialmente propuesta para el suministro de materiales. Originalmente, el APU contemplaba dos rutas de transporte diferenciadas:

Carga terrestre Inírida – Comunidades, para el traslado de agua y cemento hidráulico NTC 121 tipo UG, con un peso estimado de 500 kg y un costo por kilogramo de doscientos noventa y cuatro pesos m/cte ($294/kg).

Carga terrestre Cantera Pétrea – Comunidades, para el transporte de agregado fino (arena natural o triturada) y agregado grueso (grava o piedra triturada), con un peso de 2.400 kg y un costo por kilogramo de sesenta pesos m/cte ($60/kg).

Adicional Formaleta de madera para concreto con peso de 9kg no se estaba teniendo contemplado inicialmente en la suma de pesos, por ende se ajusta la formulación y se suma todo el material requerido.

No obstante, tras el análisis de campo y el replanteo físico en las comunidades indígenas, se confirmó que no existen canteras pétreas locales, ni condiciones logísticas para el uso de transporte terrestre con maquinaria pesada. Esto obliga a modificar el esquema logístico, centralizando la provisión de materiales en Inírida y utilizando únicamente transporte fluvial.

De esta manera, se ajusta el sistema de transporte a un nuevo valor consolidado:

Carga fluvial Inírida – Comunidades, con un peso total actualizado de 2.909 kg, incluyendo todos los materiales del APU, y adaptado a las condiciones reales de acceso y suministro.

Ver ANEXO 12. CERTIFICADO DE NO CANTERAS PETREA, el cual certifica las condicional actuales.

Conclusión:

El ajuste refleja una adecuación realista a las condiciones operativas del territorio, garantizando así la viabilidad del suministro de materiales sin afectar los cronogramas ni la integridad de los equipos transportados.

Para mayor detalle, se puede consultar el Anexo 5 – PRESUPUESTO

INÍRIDA_REPLANTEO_V2, donde se encuentra el análisis económico, logístico y técnico validado por el equipo de ingeniería e interventoría.

ITEM 4.2.9, 5.2.9, 6.2.9, 7.2.9: ENVOLVENTE.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de envolvente para equipos (B=3.0 m, L=4.0 m, H=2.3-2.85 m), en estructura interlocking de WPC, puerta de acceso metálica con pintura electrostática, teja termo acústica en PVC acanalada blanca por ambas caras 2.5 mm de espesor con caballetes.

ITEM 4.2.9R, 5.2.9R, 6.2.9R, 7.2.9R: ENVOLVENTE.

Nota Aclaratoria

En el marco del proyecto Inírida F – Individuales y Micro Redes, se aclara que inicialmente no se contemplaban soluciones de 5 kVA dentro del alcance técnico y operativo aprobado. Por tal motivo, no existe un APU específico para esta capacidad dentro del diseño base del proyecto.

Adicionalmente, se establece que los sistemas fotovoltaicos de 10 kVA y 15 kVA comparten el mismo tipo de envolvente para los equipos eléctricos, ya que las condiciones estructurales, ambientales y de protección requeridas son equivalentes para ambas capacidades. Esta homologación técnica ha sido validada por el equipo de ingeniería del proyecto y aprobada por la interventoría, conforme a las memorias de diseño y requerimientos normativos vigentes.

Por lo tanto, el APU que se presenta a continuación aplica tanto para los sistemas de 10 kVA como para los de 15 kVA, ya que representa la solución técnica definitiva que garantiza la funcionalidad, seguridad y durabilidad de los equipos en campo.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de caseta para equipos 3x4 en estructura metálica elevada con estructura elevada.

Justificación:

Como resultado del proceso de validación técnica realizado en campo y del replanteo físico de las condiciones reales de instalación en las comunidades, se evidenció que el diseño inicial del envolvente para equipos eléctricos presentaba limitaciones constructivas y funcionales que afectaban su adaptabilidad y resistencia en el entorno previsto. Las condiciones climáticas adversas, como las altas temperaturas, la humedad constante, la exposición solar directa y la imposibilidad de acceso por transporte convencional demandan una solución estructural más robusta y duradera.

Inicialmente, el APU contemplaba la construcción de una estructura de envolvente en interlocking de WPC, con dimensiones B=3.0 m, L=4.0 m, H=2.3-2.85 m, techo en teja termoacústica en PVC acanalada blanca por ambas caras (espesor de 2,5 mm), y puerta metálica con pintura electrostática. Sin embargo, tras el análisis técnico conjunto con el ente encargado del proyecto (IPSE), se llevaron a cabo mesas de trabajo y coordinaciones técnicas que dieron como resultado el suministro de un nuevo diseño de

envolvente por parte de esta entidad.

Este nuevo diseño, documentado en el Anexo 3: Estructura para panel + caseta, contempla mejoras sustanciales en términos de resistencia estructural, funcionalidad de instalación, protección de equipos y cumplimiento con normativas de seguridad y mantenimiento. Como consecuencia, la oferta inicial dejó de ser aplicable y fue necesario formular una nueva propuesta técnica y económica, basada en especificaciones actualizadas y materiales acordes con las condiciones reales del proyecto.

El nuevo APU incorpora elementos estructurales, especificaciones técnicas y acabados que garantizan mayor durabilidad, facilidad de montaje en sitios de difícil acceso y protección efectiva frente a la exposición ambiental, aspectos validados con soporte en el Anexo 4: Estudio de mercado del nuevo envolvente, donde se presentan las opciones evaluadas y seleccionadas conforme a criterios de costo-beneficio, resistencia técnica y disponibilidad en el mercado y su respectivo peso justificado con el estudio de mercado presentado.

Conclusión:

El rediseño, validado por el IPSE, implicó la incorporación de materiales con mayor resistencia mecánica y protección ambiental, así como mejoras estructurales que permiten asegurar la durabilidad, funcionalidad y seguridad del sistema eléctrico en entornos remotos.

Adicionalmente, el nuevo valor refleja los precios actualizados conforme al estudio de mercado detallado incluido en el ANEXO 4. Estudio de mercado del nuevo envolvente, ANEXO 3. Estructura para panel + caseta, el cual respalda técnicamente la nueva solución implementada y su costo asociado.

Nota Aclaratoria

Tras el proceso de revisión y validación técnica realizado en conjunto con los entes responsables de las comunidades beneficiarias del Proyecto Inírida – Individuales y Micro Redes, se concluye que la estructura propuesta para la instalación de los sistemas fotovoltaicos cumple con las condiciones requeridas del terreno, tanto en términos de estabilidad, adaptabilidad al entorno y resistencia a condiciones climáticas adversas.

Esta validación se llevó a cabo con base en inspecciones de campo, análisis técnico y evidencia audiovisual recopilada en época de lluvias, la cual demuestra la idoneidad de la solución estructural implementada para las condiciones propias de la región.

Como soporte de esta validación, se remite el Anexo 13 – Evidencia de Terrenos en Época de Lluvias, el cual contiene material fotográfico y videográfico que respalda la adecuación y pertinencia de la estructura propuesta, tal como fue acordado y aprobado por los entes de control, comunidades y equipo técnico del proyecto.

ITEM 4.2.10, 5.2.10, 6.2.10, 7.2.10: ESTRUCTURA EN ACERO.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de estructura en acero galvanizado

para soporte de paneles según diseño. Incluye cortes, perforaciones, conexiones, unión a envolvente, elementos de sujeción de paneles en aluminio 6005-T6 y pintura anticorrosiva.

ITEM 4.2.10, 5.2.10, 6.2.10, 7.2.10: ESTRUCTURA EN ACERO.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de estructura en acero de refuerzo.

Justificación:

Durante el proceso de ajuste técnico y rediseño del sistema envolvente para equipos eléctricos, se estableció la necesidad de modificar la configuración estructural previamente contemplada. Esta decisión se sustentó en los nuevos diseños suministrados por el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), los cuales fueron validados en mesas técnicas de trabajo y se encuentran detallados en el Anexo 3: Estructura para panel + caseta.

Si bien el APU base correspondiente al suministro, transporte e instalación de estructura en acero de refuerzo se mantuvo, implicó un cambio sustancial en las dimensiones y condiciones técnicas de la estructura requerida. Como resultado, se presentó una variación significativa en el peso total de acero contemplado en el ítem, pasando de 1.224 kilogramos a 1.560 kilogramos, lo cual representa un aumento relevante en la cantidad de material, el esfuerzo logístico, el volumen de transporte requerido y la complejidad del montaje.

De acuerdo con la validación técnica realizada sobre la estructura de soporte para módulos solares fotovoltaicos tipo fija (configuración para 16 paneles), se ha identificado una diferencia significativa en el peso real de la estructura frente al estimado inicialmente en los estudios previos del proyecto.

Teniendo en cuenta los elementos reales que componen la estructura —como los accesorios de sujeción, el calibre de la lámina utilizada, el tipo de galvanizado, entre otros aspectos técnicos—, se establece que el peso real de cada unidad de estructura es de 780 kg, lo cual supera los 612 kg proyectados en los estudios preliminares.

En consecuencia, para las soluciones tipo 2, en las que se contempla la instalación de dos estructuras por solución, el peso total correspondiente a este ítem asciende a 1.560 kg por solución.

Esta diferencia deberá ser tenida en cuenta en la planeación logística, transporte, cimentación y análisis estructural del proyecto, a fin de garantizar la integridad y funcionalidad del sistema

Este incremento responde directamente a la nueva estructura, por sus especificaciones técnicas, requiere mayor robustez, elementos de anclaje adicionales y refuerzos metálicos, con el objetivo de garantizar estabilidad, durabilidad y resistencia en condiciones climáticas y de acceso complejas, como las presentes en las comunidades intervenidas.

ITEM 4.4.3, 5.4.3, 6.4.3, 7.4.3: MEDICION.

Diseño inicial: Sistema de medición con comunicación central al generador

ITEM 4.4.3, 5.4.3, 6.4.3, 7.4.3: MEDICION.

Diseño propuesto: Sistema de medición con comunicación central al generador

Justificación:

Durante el proceso de revisión técnica y presupuestal del APU correspondiente al Sistema de medición con comunicación central al generador, se presentaron ajustes derivados del análisis del mercado actual y de requerimientos técnicos adicionales, lo cual generó una variación tanto en el precio como en el peso del ítem.

1. Actualización del precio del Módulo Externo 3G/4G

Esta actualización se encuentra técnica y presupuestalmente justificada, ya que responde a las condiciones reales del mercado y asegura la coherencia entre los distintos APU que utilizan componentes idénticos.

2. Inclusión de Caja de policarbonato para medidor monofásico prepago

Adicionalmente, se incluyó en este APU la Caja de policarbonato para medidor monofásico prepago con cumplimiento RETIE, con un peso de 1 kg, necesaria para alojar el medidor de energía y garantizar el cumplimiento normativo. Este componente es esencial para el funcionamiento seguro del sistema de medición, cumpliendo con los requisitos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

3. Justificación por variación de peso

La inclusión de la caja generó un aumento en el peso del APU, pasando de 6 kg inicialmente a 7 kg, lo que representa un incremento del 16,67%. Este cambio tiene un impacto directo en los costos logísticos, particularmente en el transporte y manipulación del equipo, especialmente en áreas rurales y de difícil acceso como las zonas intervenidas por el proyecto.

El peso de la caja y de los demás componentes se encuentra debidamente registrado y soportado en el Anexo 5 – Libro de Materiales, el cual contiene los estudios de mercado y especificaciones técnicas por unidad.

ITEM:465 565 CABLE TRIPLEX 2X2+2

Diseño ofertado: Suministro, transporte e instalación cable Triplex 2x2 +2.

Justificación Técnica – APU para acometida bifásica en sistemas de micro redes

Este APU se crea utilizando como base los mismos rendimientos y estructura del APU 35, el cual fue diseñado originalmente para una acometida trifásica de 15 kVA. En este caso, se requiere una acometida aérea bifásica, adecuada para sistemas de micro redes con capacidad de 10 kVA, por lo que se adapta el diseño tomando como referencia el

APU mencionado.

El cable utilizado ya estaba ofertado inicialmente y se encuentra debidamente registrado en el Anexo 5 – Libro de Materiales, donde constan su peso por unidad, especificaciones técnicas y precio ofertado. No se trata de un nuevo insumo, sino de un material incluido desde el inicio del proyecto.

RED DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA.

Diseño inicial:

Excavación mecánica para zanjas y cajas de inspección	m^3
Geotextil para separación de suelos de subrasante y capas granulares	m2
Relleno en arena de peña tamizada con 90% tamaños < 6mm para zanjas	m^3
Suministro, transporte e instalación de canalización subterránea en tuberías tipo PVC de 2x2" con acometida en cable #1/0 y #2 THWN-2 AWG (entre contenedor y usuarios-1 tubo de reserva, calibre acorde a regulación de tensión). Incluye poliuretano expansivo y soldadura de PVC	ML
Relleno y compactación con material de sitio	m3
Suministro e instalación de caja de inspección de BT, Norma CS274-1	UN

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA PARA EL CAMBIO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEAS A REDES AÉREAS EN LAS COMUNIDADES DE MORROCO NUEVO, SABANITA NUEVA Y PUNTA PAVA

Durante la fase de replanteo del proyecto correspondiente al Contrato DG-106-2024, se realizaron visitas técnicas a las comunidades de Morroco Nuevo, Sabanita Nueva y Punta Pava, ubicadas en el departamento del Guainía. Estas actividades de campo permitieron identificar condiciones ambientales, climáticas, geográficas y logísticas que inciden directamente sobre la viabilidad de la solución técnica inicialmente planteada, la cual contemplaba la instalación de redes de distribución eléctrica subterráneas.

Las inspecciones realizadas demostraron que dichas comunidades se encuentran localizadas en zonas de alta vulnerabilidad frente a inundaciones, especialmente durante las temporadas de lluvias. Estas zonas están asentadas próximas a las orillas de los ríos Inírida y Guaviare, con terrenos de topografía baja y alta saturación de agua, lo cual incrementa el nivel freático y propicia el encharcamiento constante. Tales condiciones fueron corroboradas mediante registros fotográficos contenidos en el Anexo 6: Registro fotográfico suelos Barranco Minas e Inírida.

Implementar una red subterránea en estas condiciones representa una alta probabilidad de fallas técnicas y el aumento exponencial en los costos de mantenimiento. El riesgo hidrológico compromete la durabilidad de los materiales, especialmente del cableado de

aluminio, el cual se vería expuesto a sulfatación acelerada, corrosión galvánica (en contacto con otros metales), deterioro por suelos ácidos (erosión química) y la acción de microorganismos (ataque biológico). Todos estos elementos acortan considerablemente la vida última de los sistemas eléctricos enterrados y elevan la frecuencia de fallas, según criterios de diseño establecidos en la NTC 2050 y recomendaciones de la IEEE Std 525.

Adicionalmente, se evaluaron criterios de operatividad y mantenimiento. En este tipo de terreno, el acceso para maquinaria amarilla necesaria para la ejecución de zanjas es limitado o nulo, dada la ausencia de vías terrestres transitables. El transporte de materiales pesados requiere logística fluvial y desplazamiento manual. Además, en estas zonas existe el riesgo de decomiso de maquinaria o herramientas, sumado a la dificultad para realizar excavaciones profundas sin afectar los ecosistemas sensibles del área.

Se debe destacar también que la fauna local representa un riesgo para las redes subterráneas. Roedores, insectos, ranas y serpientes suelen anidar en cajas de distribución subterránea, obstruyendo conductos y generando cortocircuitos o fallas operativas. La presencia de viviendas palafíticas (elevadas) también limita la conveniencia de redes enterradas, ya que no se tiene una infraestructura uniforme para el tendido seguro de redes bajo tierra.

En contraste, la solución técnica más viable corresponde a una red de distribución aérea. Esta alternativa se ajusta mejor a las condiciones ambientales y facilita el mantenimiento correctivo y preventivo. Permite inspecciones visuales frecuentes, reemplazo oportuno de elementos y menor intervención al entorno natural. Desde el punto de vista de la ingeniería eléctrica, la red aérea incrementa la resiliencia del sistema ante eventos climáticos extremos, garantizando mayor continuidad en el servicio.

Esta decisión se soporta también en soluciones previamente formuladas. Específicamente, se retoma como referencia el diseño elaborado para la comunidad de Puerto Cumaral, donde se definió una red aérea para condiciones similares. Aunque dicho proyecto aún no se ha ejecutado, sus lineamientos técnicos y presupuestales sirven como base para el rediseño de las redes del presente contrato. En consecuencia, para estructurar el nuevo Análisis de Precios Unitarios (APU) se han considerado los ítems incluidos en el Anexo 5: PRESUPUESTO INIRIDA_REPLANTEO_V2, los cuales contienen la desagregación técnica y económica del sistema de red aérea propuesto.

Específicamente, los ítems aplicables a redes de distribución de 10 kVA son:

4.6.1 Replanteo red de baja tensión.

4.6.2 Suministro, transporte e instalación de poste en fibra de vidrio de 8 m x 750 kgf.

4.6.3 Instalación de estructura 628 - Estructura de Terminal.

4.6.4 Instalación de estructura 629 - Estructura de Retención.

4.6.5 Instalación de cable tríplex 2x2 + 2.

4.6.6 Instalación de retenida BT.

4.6.7 Instalación de sistema de puesta a tierra (SPT) BT.

4.6.8 Instalación de acometida aérea monofásica.

4.6.9 Instalación de caja de acometida bifásica en policarbonato.

4.6.10 Salida de subestación al P0 (10 kVA).

Y para redes de 15 kVA:

6.5.1 Replanteo red de baja tensión.

6.5.2 Suministro, transporte e instalación de poste en fibra de vidrio de 8 m x 750 kgf.

6.5.3 Instalación de estructura 628 - Estructura de Terminal.

6.5.4 Instalación de estructura 629 - Estructura de Retención.

6.5.5 Instalación de cable cuádruplex 3x2/0 + 1/0.

6.5.6 Instalación de retenida BT.

6.5.7 Instalación de sistema de puesta a tierra (SPT) BT.

6.5.8 Instalación de acometida aérea monofásica.

6.5.9 Instalación de caja de acometida trifásica en policarbonato.

6.5.10 Salida de subestación al P0 (15 kVA).

Conclusión:

El cambio de redes subterráneas a redes aéreas se fundamenta en una evaluación técnica, ambiental, operativa y de sostenibilidad, validada mediante visitas a campo y respaldada por normativa técnica vigente. Esta modificación busca garantizar la seguridad del sistema, la eficiencia operativa, la reducción de impactos negativos y la sostenibilidad del servicio eléctrico a largo plazo en comunidades vulnerables del Guainía. Se solicita la aprobación formal para el ajuste de diseño, su validación presupuestal y posterior ejecución conforme a lo establecido en el contrato.

SISTEMA DE GENERACION DE MORROCO NUEVO DE 10 KVA A 12 KVA

Aclaratoria técnica – Ampliación del sistema en la comunidad de Morroco Nuevo

Se deja constancia que en la comunidad de Morroco Nuevo se había contemplado inicialmente la implementación de un sistema fotovoltaico con capacidad de 10 kVA, el cual fue debidamente estructurado, diseñado y soportado en su respectiva memoria de cálculo.

No obstante, como resultado de la identificación de 19 nuevos usuarios, surge la necesidad de ampliar la capacidad instalada. En este sentido, se propone un nuevo

sistema de 12 kVA, el cual mantiene en su totalidad la estructuración inicial del sistema de 10 kVA, respetando los criterios de diseño, configuración y distribución originalmente definidos.

La propuesta de 12 kVA se soporta en un nuevo Análisis de Precios Unitarios (APU) que considera la instalación de cuatro inversores de 3 kVA cada uno, configurados para garantizar la entrega de potencia requerida. De igual manera, se adiciona un transformador a la salida de 12 kVA, con el fin de estabilizar y asegurar la operación integral del sistema.

Es importante resaltar que la ampliación planteada no desconoce ni reemplaza la solución base de 10 kVA, sino que la toma como fundamento técnico y estructural, sobre la cual se efectúa la adaptación necesaria para garantizar la cobertura de la demanda actual.

Finalmente, se precisa que tanto la estructuración inicial de 10 kVA como la ampliación a 12 kVA se encuentran desarrolladas bajo los lineamientos de la normatividad vigente en Colombia, incluyendo:

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.

Norma Técnica Colombiana – NTC 2050.

Ambos diseños están soportados en su respectiva memoria de cálculo, donde se justifica la capacidad de generación, las protecciones eléctricas, la coordinación de equipos y demás consideraciones técnicas.

ITEM 6.1.7: INVERSOR DE ONDA PURA DE 5000 VA 120V

Diseño inicial: Suministro e instalación de inversor de onda pura de 5000 VA 120V, FP 0.8, eficiencia del 94% y función de trabajo en paralelo. Incluye cable de salida en calibre 6 AWG

ITEM 6.1.7: INVERSOR DE ONDA PURA DE 3000 VA 120V

Diseño propuesto: Suministro e instalación de inversor de onda pura de 5000 VA 120V, FP 0.8, eficiencia del 94% y función de trabajo en paralelo. Incluye cable de salida en calibre 8 AWG

Justificación técnica – Ampliación de 10 kVA a 12 kVA

Inicialmente, el sistema eléctrico proyectado para la comunidad de Morroco Nuevo se diseñó con una capacidad de 10 kVA, conformado por dos inversores de onda pura de 5 kVA cada uno, operando a 120 V en red bifásica. Esta solución fue estructurada, calculada y documentada en la memoria técnica inicial.

Sin embargo, ante la identificación de 19 nuevos usuarios que requieren acceso al servicio eléctrico, surge la necesidad de ampliar la capacidad instalada. La solución planteada consiste en pasar de 10 kVA a 12 kVA, mediante la instalación de cuatro

inversores de onda pura de 3 kVA cada uno.

La elección de este ajuste se encuentra plenamente justificada en los cálculos adicionales realizados, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1. Optimización de costos:

o Una ampliación de 10 kVA a 15 kVA implicaría una modificación sustancial de la infraestructura eléctrica, con costos significativamente más altos.

o La ampliación a 12 kVA mantiene la misma estructura de red bifásica de 10 kVA, evitando sobrecostos y garantizando la eficiencia del proyecto.

2. Aprovechamiento de la estructuración inicial:

o Se conserva en su totalidad la estructuración técnica diseñada para el sistema de 10 kVA, sobre la cual se adapta la ampliación a 12 kVA.

o Esto asegura compatibilidad en la operación, facilidad en la implementación y continuidad en la calidad del servicio.

3. Confiabilidad y normatividad:

o La nueva configuración garantiza el suministro de energía suficiente para cubrir la demanda de los usuarios adicionales.

o El diseño cumple con las normas aplicables en Colombia, incluyendo el RETIÉ y la NTC 2050, y se soporta en la respectiva memoria de cálculo, que valida la capacidad de los equipos, las protecciones eléctricas y los parámetros de diseño.

En conclusión, la propuesta de ampliación a 12 kVA constituye una solución técnica y económica adecuada, que permite atender la demanda actual de la comunidad de Morroco Nuevo sin comprometer la estructura inicial del sistema ni generar sobrecostos significativos al proyecto.

SISTEMA DE GENERACION PUERTO CUMARAL

ITEM 7.1.2: ACOMETIDA SOLAR PARA 12 LAZOS.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de acometida solar para 12 lazos fotovoltaicos. Incluye cable bajante de los lazos fotovoltaicos Cu solar FV calibre 10 AWG hasta la caja combinadora FV y tubería LiquidTight para ingreso al envolvente, con accesorios.

ITEM 7.1.2: ACOMETIDA SOLAR PARA 12 LAZOS.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de acometida solar para 12 lazos fotovoltaicos. Incluye cable bajante de los lazos fotovoltaicos Cu solar FV calibre 10 AWG hasta la caja combinadora FV y tubería LiquidTight para ingreso al envolvente, con accesorios.

Justificación:

Para el análisis de precios unitarios correspondiente al ítem "Suministro, transporte e instalación de acometida solar para 12 lazos fotovoltaicos. Incluye cable bajante de los lazos fotovoltaicos Cu solar FV calibre 10 AWG hasta la caja combinadora FV y tubería LiquidTight para ingreso al envolvente, con accesorios", se identificó que no se incluyó el suministro del cable Cu THHN 8 AWG, el cual es esencial para la puesta a tierra de los paneles solares.

Este conductor es obligatorio desde el punto de vista normativo y de seguridad eléctrica. Su uso está regulado por la NTC 2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), normas que exigen que las estructuras metálicas de los sistemas fotovoltaicos cuenten con un sistema de puesta a tierra eficiente, con el fin de prevenir descargas eléctricas, daños por descargas atmosféricas y garantizar la protección de las personas y los equipos.

El cable Cu THHN 8 AWG se usará exclusivamente para conectar a tierra las estructuras de soporte de los módulos solares. En este caso, se requiere un total de 72 metros lineales de conductor, basado en una estimación de 1,5 metros por panel, considerando la distribución real del sistema instalado.

La inclusión de este cable no solo mejora la seguridad del sistema, sino que también aumenta el peso del APU, impactando directamente en los costos de transporte asociados al ítem. Por lo tanto, se debe realizar una actualización presupuestal para reflejar este nuevo componente. La inclusión de este material de seguridad incrementa el peso del APU, generando un ajuste proporcional en los costos de transporte asociados.

Justificación del incremento de peso del APU por inclusión de conductor Cu THHN 8 AWG

Durante el proceso de actualización técnica del proyecto, se incorporó el cable de cobre THHN 8 AWG con el objetivo de realizar la conexión equipotencial a tierra de las estructuras metálicas que soportan los módulos solares. Esta inclusión, esencial para garantizar la seguridad eléctrica y el cumplimiento normativo (RETIE), no estaba contemplada en el diseño inicial del APU.

Para el sistema fotovoltaico instalado, se definió un requerimiento total de 72 metros lineales de este conductor, estimando 1,5 metros por cada uno de los 48 paneles solares. De acuerdo con el análisis de pesos unitarios incluido en el Libro de Materiales, esta cantidad corresponde a un peso de 25,2 kilogramos.

El APU inicialmente presentaba un peso total de 15 kg, y con la incorporación del conductor Cu THHN 8 AWG, el peso final se incrementó a 40 kg, lo que representa un aumento de 25 kg (más del 160% del valor original). Este incremento tiene implicaciones directas sobre el ítem de transporte, ya que eleva los costos logísticos asociados a carga, manipulación y traslado del material, especialmente en zonas de difícil acceso como Inírida.

Este aumento en el peso del APU está debidamente sustentado en el estudio técnico y

en el detalle de materiales ofertados, y se refleja en la actualización del presupuesto con su respectiva variación de costos.

ITEM 7.1.3: CAJA COMBINADIRA FV.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de caja combinadora FV. Incluye gabinete eléctrico con cumplimiento RETIE y tapa traslucida, de dimensiones 630x530x180 mm; protecciones, barrajes y DPS Tipo 2.

ITEM 7.1.3: CAJA COMBINADIRA FV.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de caja combinadora FV. Incluye gabinete eléctrico con cumplimiento RETIE y tapa traslucida, de dimensiones 630x530x180 mm; protecciones, barrajes y DPS Tipo 1+2.

Justificación:

Con base en los planos eléctricos actualizados (ver Anexo 7: Planos eléctricos sistema de 15 kVA) y las nuevas memorias de cálculo elaboradas para este sistema (ver Anexo 8: Memorias de cálculo SSFV 15 kVA), se determinó la necesidad de ajustar los componentes eléctricos de la caja combinadora, de acuerdo con el nuevo esquema de distribución propuesto y aprobado por la interventoría.

Suministro, transporte e instalación de caja combinadora FV Incluye gabinete eléctrico con cumplimiento RETIE y tapa traslúcida, de dimensiones 630x530x180 mm; protecciones, barrajes y DPS Tipo 1+2.

Descripción general: El presente APU corresponde a la instalación de una caja combinadora fotovoltaica (FV), la cual cumple funciones fundamentales en la recolección y protección de los circuitos provenientes de los módulos solares. El diseño actual incorpora un gabinete eléctrico certificado RETIE con tapa traslúcida, lo que facilita la inspección visual, así como componentes de protección avanzados, como DPS Tipo 1+2 y barrajes de conexión organizados.

Condición inicial del diseño: Inicialmente, el diseño de la caja combinadora contemplaba una configuración basada en 12 strings, lo cual requería:

- 12 interruptores termomagnéticos 25A 2P 500 VDC 6 kA
- 1 interruptor termomagnético 50A 2P 120/240 VAC 10 kA
- 1 interruptor termomagnético 250A 2P 500 VDC 20 kA
- Cable Cu THHN 250 MCM (2,3 mL)
- 1 DPS Tipo 1+2 500 Uc Up 2,5 kV 18-40 kA (único para todo el sistema)

Esta configuración resultaba sobredimensionada para el nuevo planteamiento técnico.

Rediseño y optimización: Como parte de la revisión técnica, se realizó una optimización del sistema fotovoltaico, reduciendo el número de strings a 6, lo que permitió ajustar los

elementos de protección, mejorar la autonomía del sistema y reducir pérdidas. En consecuencia, se realizaron los siguientes cambios:

• Sustitución de los 12 interruptores de 25A por 6 interruptores termomagnéticos 32A 2P 250 VDC, optimizados para los nuevos arreglos eléctricos.

• Eliminación de los interruptores de 50A y 250A, así como del cable THHN 250 MCM, que ya no resultan necesarios con la nueva topología del sistema.

• En lugar de un único DPS centralizado de 500 VDC, se incorporan 6 DPS Tipo 1+2 250 VDC, distribuidos individualmente en cada entrada de MPPT, lo que mejora la protección específica por circuito y mitiga el riesgo por descargas inducidas.

Impacto en transporte y peso: La nueva configuración eliminó componentes de alto volumen y peso (como el cable 250 MCM y los interruptores de gran capacidad), lo que permitió una reducción en el peso total del tablero de 26 kg a 24 kg, generando una disminución en los costos de transporte asociados al ítem.

• El cumplimiento estricto de normativas RETIE y recomendaciones de diseño para sistemas FV en zonas expuestas.

• La incorporación de protecciones individuales por MPPT.

• La mejora técnica del diseño, orientada a garantizar la seguridad operativa y facilitar el mantenimiento.

ITEM 7.1.5: TABLERO PRINCIPAL EN DC.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de tablero principal en DC con cumplimiento RETIE, dimensiones 820x620x300, incluye barrajes de 500 A, protecciones de 80, 100 y 630 A 500VDC y cableado hacia arreglos de baterías e inversores.

ITEM 7.1.5R: TABLERO PRINCIPAL EN DC.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de tablero principal en DC con cumplimiento RETIE, dimensiones 820x620x300, incluye barrajes de 500 A, protecciones de 85, 125 y cableado hacia arreglos de baterías e inversores.

Justificación:

Para el ítem correspondiente al APU "Suministro, transporte e instalación de tablero principal en DC con cumplimiento RETIE, dimensiones 820x620x300 mm, incluye barrajes de 500 A, protecciones de 80, 100 y 630 A 500VDC y cableado hacia arreglos de baterías e inversores", se llevó a cabo un análisis técnico que evidenció la necesidad de ajustar los componentes originalmente previstos. Este ajuste se basa en el nuevo diseño eléctrico aprobado para el sistema solar fotovoltaico de 15 kVA, sustentado en los documentos técnicos correspondientes (ver Anexo 7: Planos eléctricos sistema de 15 kVA y Anexo 8: Memorias de cálculo SSFV 15 kVA).

Inicialmente, el APU incluía los siguientes materiales:

Interruptor termomagnético 80A 2P 500 VDC 6 kA

Interruptor termomagnético 100A 2P 500 VDC 6 kA

Interruptor termomagnético 630A 2P 500 VDC 6 kA

Cable Cu THHN 350 MCM

Sin embargo, estos componentes no se ajustaban a los requerimientos reales del sistema propuesto. Por lo tanto, fueron reemplazados por los siguientes materiales, que cumplen con las necesidades técnicas y normativas actuales:

Interruptores termomagnéticos 85A 2P 72-500 VDC (6 unidades)

Interruptores termomagnéticos 125A 2P 72-500 VDC (3 unidades)

Cable Cu THHN 2/0 AWG (18,48 metros)

Cable Cu THHN 2/0 AWG adicional (2 metros)

Bandeja tipo malla 60/200/3000 mm, incluye accesorios de sujeción (2 unidades)

Fusible MEGA 275A (4 unidades)

Cable Cu THHN 6 AWG (3,6 metros)

ITEM 7.1.6: BANCO DE BATERIAS.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de banco de baterías de 73728 Wh a 51,2 V. Incluye rack de baterías, cables de interconexión y conexión al sistema de monitoreó mediante protocolo CAN-BUS

ITEM 7.1.6: BANCO DE BATERIAS.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de banco de baterías de 73728 Wh a 51,2 V. Incluye rack de baterías, cables de interconexión y conexión al sistema de monitoreó mediante protocolo CAN-BUS.

Justificación:

Para el ítem correspondiente al APU "Suministro, transporte e instalación de banco de baterías de 73.728 Wh a 51,2 V. Incluye rack de baterías, cables de interconexión y conexión al sistema de monitoreo mediante protocolo CAN-BUS", se realizó un análisis técnico con base en el rediseño del sistema solar fotovoltaico de 15 kVA, aprobado por la interventoría. Dicho rediseño se encuentra documentado en los siguientes anexos:

• Anexo 7: Planos eléctricos actualizados del sistema de 15 kVA

• Anexo 8: Memorias de cálculo SSFV 15 kVA

Como resultado del rediseño técnico aprobado y validado para el sistema de almacenamiento de energía, se identificó la necesidad de ajustar la configuración del

banco de baterías inicialmente contemplado. El diseño original preveía un único gabinete de piso con capacidad para albergar hasta ocho (8) baterías, configurado con un único desconectador de baterías de 600 A.

Sin embargo, el sistema eléctrico a implementar contempla la instalación de doce (12) baterías, requeridas para cumplir con los criterios de autonomía, profundidad de descarga y respaldo energético definidos en el proyecto. Dado que un solo gabinete no permite alojar físicamente las 12 baterías, se estableció la necesidad de disponer dos gabinetes de piso independientes (uno por cada grupo de seis baterías), lo cual implica también una reorganización del circuito de conexión y protección.

Por esta razón, el APU fue actualizado con los siguientes cambios en materiales:

• Desconectador de baterías de 600 A (1 unidad) → Reemplazado por: Desconectadores de 275 A (2 unidades)

• Gabinete de Piso 40U (1 unidad) → Reemplazado por: Gabinetes de Piso 40U (2 unidades)

Esta nueva configuración responde a los siguientes criterios técnicos:

• Distribución adecuada de carga entre los dos circuitos de baterías, lo que mejora la confiabilidad del sistema.

• Facilidad de mantenimiento y operación, al permitir la desconexión individual de cada banco.

• Redundancia y seguridad eléctrica, al asegurar que una falla en un banco no comprometa la totalidad del sistema.

• Viabilidad espacial, ajustándose a las dimensiones reales de los equipos y del espacio disponible en sitio.

Las memorias de cálculo (ver Anexo 8) incluyen simulaciones de carga, estudios de dimensionamiento, análisis de corriente de cortocircuito, y pruebas de autonomía que justifican plenamente la necesidad de dividir el banco de baterías en dos circuitos independientes de seis baterías cada uno.

Este ajuste técnico cumple con lo establecido en:

• El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)

• La Norma Técnica Colombiana NTC 2050

• Las mejores prácticas internacionales en sistemas de almacenamiento en corriente continua (DC).

ITEM 7.1.8: TABLERO DE INVERSORES EN AC.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de tablero de inversores en AC con

cumplimiento retie, dimensiones 420x320x200 mm, incluye barrajes de 200 A, protecciones de 50 A y 160 A 120 Vac, y cableado de salida a autotransformador.

ITEM 7.1.8R: TABLERO DE INVERSORES EN AC.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de tablero de inversores en AC con cumplimiento retie, dimensiones 420x320x200 mm, incluye barrajes de 200 A, protecciones de 40 A.

Justificación:

Durante el proceso de ajuste y rediseño del sistema solar fotovoltaico de 15 kVA, se llevó a cabo una revisión detallada del ítem correspondiente al APU:

"Suministro, transporte e instalación de tablero de inversores en AC con cumplimiento RETIE, dimensiones 420x320x200 mm, incluye barrajes de 200 A, protecciones de 50 A y 160 A 120 Vac, y cableado de salida a autotransformador."

Dicha revisión técnica, sustentada en los Anexos 7 y 8 (planos eléctricos y memorias de cálculo del sistema SSFV 15 kVA, respectivamente), evidenció la necesidad de modificar el conjunto de materiales originalmente especificado.

Materiales Iniciales contemplados:

Interruptor termomagnético 50 A 2P 500 VDC 6 Ka – 3 unidades

Cable Cu THHN 2/0 AWG – 3,2 ml

Este conjunto fue sustituido tras el rediseño por materiales más acordes con los niveles reales de carga y tensión del sistema en su versión definitiva:

Materiales actualmente incluidos:

Interruptor termomagnético 40 A 1P 120/240 VAC 10 kA – 3 unidades

Cable Cu THHN 8 AWG – 9,5 ml

ITEM 7.1.10: TABLERO PRINCIPAL EN AC.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de tablero de distribución en AC, para 6 circuitos. Incluye barrajes de 100 A para sistema trifásico tetrafilar, DPS tipo 2, protección de entrada de 25 A 120 VAC y protecciones de circuitos de 20 A y 16 A.

ITEM 7.1.10R: TABLERO PRINCIPAL EN AC.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de tablero de distribución en AC, para 6 circuitos. Incluye barrajes de 200 A para sistema trifásico tetrafilar, DPS tipo 2, protección de entrada de 40 A 120 VAC y protecciones de circuitos de 30 A y 16 A.

Justificación:

Durante la revisión técnica del diseño eléctrico del sistema solar fotovoltaico trifásico de 15 kVA, se realizó una actualización del APU correspondiente al "Suministro, transporte e instalación de tablero de distribución en AC, para 6 circuitos. Incluye barrajes de 100 A para sistema trifásico tetrafilar, DPS tipo 2, protección de entrada de 25 A 120 VAC y protecciones de circuitos de 20 A y 16 A".

Con base en los nuevos diseños eléctricos contenidos en los siguientes documentos:

• Anexo 7: Planos eléctricos SSFV 15 kVA

• Anexo 8: Memorias de cálculo del sistema SSFV 15 kVA

se identificaron modificaciones necesarias en los elementos de protección y cableado que garantizan una mayor coherencia técnica frente a la distribución real de cargas y configuraciones de los circuitos en campo.

Materiales inicialmente contemplados:

• Interruptor termomagnético 50 A 3P 208 VAC 10kA – 1 unidad

• Interruptor termomagnético 40 A 3P 208 VAC 10kA – 5 unidades

• Cable Cu THHN 6 AWG – 8,5 ml

Materiales ajustados conforme a los rediseños:

• Interruptor termomagnético 30 A 1P 120/240 VAC 10kA – 1 unidad

• Interruptor termomagnético 40 A 3P 208 VAC 10kA – 2 unidades

• Cable Cu THHN 8 AWG – 8,5 ml

• Barraje de cobre tropicalizado de 200 A para 16 conexiones – 4 unidades

La selección de nuevos interruptores de menor capacidad responde a un ajuste en la corriente de operación de los circuitos terminales, optimizando así la seguridad del sistema sin comprometer su funcionalidad. De igual manera, el cambio de calibre en los conductores se justifica por la disminución en los requerimientos de corriente, conforme al diseño aprobado por interventoría.

5. SISTEMA DE GESTIÓN Y RECAUDO CENTRAL

ITEM 9.1: SISTEMA DE GESTIÓN Y RECAUDO CENTRAL.

Diseño inicial: Sistema de gestión y recaudo central.

ITEM 9.1: SISTEMA DE GESTIÓN Y RECAUDO CENTRAL.

Diseño propuesto: Sistema de gestión y recaudo central.

Justificación:

Durante la revisión técnica conjunta entre el equipo de diseño, ejecución e interventoría del proyecto, se llevó a cabo un análisis detallado del APU denominado "Suministro, transporte e instalación de sistema de gestión y recaudo central". En este proceso, se evidenció que los materiales inicialmente contemplados sobreestimaban la cantidad de equipos requeridos para la correcta operación del sistema en campo.

Materiales inicialmente contemplados:

Servidor (Pantalla - Teclado - Mouse) – 2 unidades

UPS para servidor – 2 unidades

Materiales ajustados tras revisión técnica:

Servidor (Pantalla - Teclado - Mouse) – 1 unidad

UPS para servidor – 1 unidad

6. INTERNA DOMICILIARIA EN AC

ITEM 10: INTERNA DOMICILIARIA EN AC.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de instalación interna domiciliaria en AC, comprende los siguientes elementos:

- Tablero de distribución monofásico de cuatro circuitos.

- Dos (2) interruptores automáticos monopolares tipo enchufable de 20 A.

- Cuatro (4) salidas de alumbrado con interruptor con polo a tierra.

- Hasta 30 m de tubería PVC SCH 40 de 1/2" con accesorios.

- Hasta 70 m de cable de Cu THHN Nº 12 AWG

- Hasta 33 m de cable de Cu THHN Nº 12 AWG verde

- Cuatro (4) salidas para tomacorrientes dobles con polo a tierra.

ITEM 10: INTERNA DOMICILIARIA EN AC.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de instalación interna domiciliaria en AC, comprende los siguientes elementos:

- Tablero de distribución monofásico de cuatro circuitos.

- Dos (2) interruptores automáticos monopolares tipo enchufable de 20 A.

- Cuatro (4) salidas de alumbrado con interruptor con polo a tierra.

- Hasta 30 m de tubería PVC SCH 40 de 1/2" con accesorios.

- Hasta 90 m de cable de Cu THHN Nº 12 AWG

- Cuatro (4) salidas para tomacorrientes dobles con polo a tierra.

RED DE DISTRIBUCION AREA PUERTO CUMARAL

ITEM 33: ESTRUCTURA 628.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de estructura 628 Estructura de Terminal

ITEM 463 563 653 753 33: ESTRUCTURA 628.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de estructura 628 Estructura de Terminal.

Justificación:

Durante el proceso de revisión técnica y en articulación con los rediseños aprobados por el equipo de ingeniería del proyecto y la interventoría, se evidenció que el APU "Suministro, transporte e instalación de estructura 628 – Estructura de Terminal" (CAPÍTULO 3 ESTRUCTURA TERMINAL PARA RED SECUNDARIA CNS-03-628-01) no contemplaba algunos materiales esenciales para su correcta ejecución conforme a los requerimientos técnicos y normativos.

Materiales inicialmente considerados:

Conector Bimetálico 2 Pernos 1/0 – 366 Kcmil – 1 unidad

Espárrago 5/8" x 10" – 1 unidad

Tras el análisis, se identificó la necesidad de reemplazar el espárrago por un perno de 5/8" x 10" galvanizado en caliente con arandela y tuerca, con el fin de facilitar la instalación en campo, asegurar una mayor robustez en la sujeción estructural, y garantizar durabilidad en condiciones climáticas exigentes como las del departamento del Guainía.

Materiales adicionales incorporados:

Perno de 5/8" x 10" galvanizado en caliente con arandela y tuerca – 1 unidad (en reemplazo del espárrago)

Alambre Cu #12 negro 90° – 1 metro lineal

Alambre galvanizado calibre 10 – 0,20 kg

Percha tipo pesado de 1 puesto – 1 unidad

Estos elementos son fundamentales para cumplir con los criterios de seguridad eléctrica, soporte mecánico y puesta a tierra, de acuerdo con la norma CENS (ver Anexo 11), que

regula las características mínimas de montaje de este tipo de estructuras terminales en redes de distribución eléctrica en zonas no interconectadas.

La inclusión de estos materiales no solo responde a necesidades técnicas y operativas, sino que también mejora significativamente la confiabilidad del sistema y facilita el mantenimiento a largo plazo.

ITEM 34: ESTRUCTURA 629.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de estructura 629 Estructura Retención.

ITEM 464 564 34 : ESTRUCTURA 629.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de estructura 629 Estructura Retención.

Justificación:

Durante la revisión detallada del APU "Suministro, transporte e instalación de estructura 629 – Estructura"(CAPÍTULO 3 ESTRUCTURA REFERENCIA PARA RED SECUNDARIA CNS-03-629-01), el equipo de ingeniería y diseño evidenció que los materiales inicialmente contemplados no abarcaban la totalidad de los elementos requeridos para garantizar el cumplimiento normativo y técnico de la instalación.

Materiales inicialmente contemplados:

• Conector Bimetálico 2 Perno 1/0 - 366 Kcmil – 3 unidades

• Espárrago 5/8" x 10" – 1 unidad

Materiales actualizados y adicionales incluidos tras la verificación técnica:

• Perno de 5/8" x 10" galvanizado en caliente con arandela y tuerca – 1 unidad

• Conector de penetración principal 25-95 derivación 25-95 Ref. DP7E – 6 unidades

• Alambre galvanizado cal 10 – 0,40 kg

• Alambre Cu #12 negro 90° – 2 metros lineales

Estos materiales adicionales se incorporan con base en los lineamientos de la Norma Técnica CENS (ver Anexo 11), la cual especifica los componentes estructurales y eléctricos mínimos requeridos para este tipo de estructuras terminales en redes de distribución. Su inclusión busca garantizar la funcionalidad, la durabilidad y la correcta conexión del sistema de puesta a tierra.

Impacto en el transporte: Como resultado de la inclusión de estos nuevos materiales, el peso estimado del APU se incrementó de 5 kg a 6 kg, lo cual incide también en el componente de transporte logístico del proyecto.

Anexo 5: PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, libro MATERIAL I

ITEM 36: RETENIDA BT.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de retenida BT.

ITEM 466 566 36 : RETENIDA BT.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de retenida BT.

Justificación:

Durante la revisión técnica del APU "Suministro, transporte e instalación de retenida BT"(CAPÍTULO 3 NORMA PARA INSTALACIÓN DE TEMPLETES EN EL SECTOR RURAL CNS-NT-03-06), el equipo de diseño e ingeniería identificó la necesidad de incorporar materiales adicionales indispensables para cumplir con las especificaciones técnicas y normativas de la Norma CENS (ver Anexo 11).

Materiales adicionales incluidos:

• Alambre galvanizado cal 10 – 1 kg

• Tuerca hexagonal 5/8" ASTM-A-194 grado 2H – 1 unidad

Estos elementos no estaban contemplados inicialmente, pero son esenciales para garantizar una instalación segura y estructuralmente sólida del sistema de retenida. En particular, el alambre galvanizado proporciona el anclaje mecánico necesario y la tuerca de especificación ASTM asegura compatibilidad estructural con el perno de fijación.

Impacto en el transporte: El peso estimado del APU incrementó de 12 kg a 13 kg, lo cual influye en el componente logístico de transporte de materiales hacia las comunidades.

ITEM 37 : SPT BT.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de SPT BT.

Justificación:

Durante la verificación técnica del APU "Suministro, transporte e instalación de SPT BT", el equipo de ingeniería y diseño identificó la necesidad de incluir un material adicional esencial para asegurar la correcta funcionalidad del sistema de puesta a tierra.

Material adicional incluido:

• Empalme de derivación en gel – 1 unidad

Este componente es fundamental para garantizar una unión segura, estanca y duradera entre conductores, lo que permite mantener la continuidad eléctrica y la integridad del sistema de puesta a tierra. Su uso es especialmente importante en zonas con condiciones ambientales variables o alta humedad, como es el caso del departamento de Guainía, donde la confiabilidad de las conexiones es crítica para la operación segura de los

sistemas eléctricos.

El ítem inicialmente contemplaba la utilización de tubería conduit EMT de 1/2" x 3 metros para la canalización eléctrica. Sin embargo, se propuso y ejecutó el cambio por tubería conduit IMC de 1/2" x 3 metros, de acuerdo con las condiciones de instalación y los requerimientos normativos aplicables.

Motivo del cambio:

Durante el proceso de revisión técnica y conforme a los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (basada en el NEC), se identificó que las canalizaciones eléctricas previstas estarían expuestas directamente a la intemperie. Bajo estas condiciones, la norma establece que las tuberías metálicas tipo EMT no deben ser utilizadas en instalaciones expuestas a la intemperie, a menos que se encuentren protegidas o específicamente aprobadas para tal uso, lo cual no es el caso en este proyecto.

Por lo tanto, se procedió con el cambio a tubería conduit IMC, que sí está aprobada y diseñada para condiciones de exposición directa al medio ambiente, ofreciendo una mayor resistencia mecánica y a la corrosión, garantizando así la durabilidad y seguridad del sistema eléctrico en ambientes exteriores.

Sustento económico:

El valor del nuevo ítem fue ajustado con base en el estudio de mercado actualizado, el cual incluye cotizaciones reales de proveedores especializados en el suministro de tuberías IMC. Este ajuste asegura que el precio refleje fielmente las condiciones del mercado y mantiene la racionalidad técnica y presupuestal del proyecto.

Conclusión técnica:

El cambio de tubería EMT a IMC representa una mejora sustancial en términos de seguridad eléctrica, durabilidad y cumplimiento normativo, al tiempo que garantiza una ejecución conforme a las condiciones reales del sitio. La actualización del precio se encuentra debidamente soportada mediante el estudio de mercado, como se detalla en el Anexo 5 del presupuesto.

Impacto en el transporte: El peso del APU incrementó de 31 kg a 34 kg, como resultado de la inclusión del nuevo material y de la verificación detallada de los pesos individuales de los componentes que conforman el APU.

ITEM 38 : ACOMETIDA AEREA.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de acometida aérea monofásica.

ITEM 468 568 658 758 38: ACOMETIDA AEREA.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de acometida aérea monofásica.

Justificación:

Durante la revisión técnica y los procesos de replanteo realizados en campo por el equipo de diseño e ingeniería, se evidenció que el APU "Suministro, transporte e instalación de acometida aérea monofásica"(CAPITULO 5 ESTRUCTURAS ACOMETIDAS ELECTRICAS) No incluía todos los elementos mínimos requeridos conforme a lo estipulado por la Norma Técnica CENS (ver Anexo 11).

Materiales adicionales incluidos: Tras este análisis, se incorporaron los siguientes elementos fundamentales para la correcta ejecución del APU:

- L con doble perforación para pinza – 1 unidad
- Pinza de anclaje acometida domiciliaria – 1 unidad
- Percha para acometida tipo liviana – 1 unidad

Estos elementos permiten una adecuada sujeción y conexión del conductor en el punto de acometida, facilitando la instalación segura de la red aérea desde el punto de derivación hasta el ingreso a la vivienda. Su omisión habría comprometido la integridad estructural y eléctrica de la acometida.

Material excluido: Asimismo, se determinó que el "Conector Bimetálico 2 Perno 1/0 - 366 Kcmil" (3 unidades) inicialmente contemplado en el APU no es necesario, debido a que en el nuevo diseño se adoptará el uso de cajas de distribución para las redes de baja tensión, lo cual elimina la necesidad de este tipo de conector. La conexión se realizará directamente dentro de las cajas de distribución, lo que permite una mejor organización, mayor seguridad operativa y cumplimiento normativo en el sistema de distribución domiciliaria.

Oferta económica y verificación: Para consultar el detalle de la oferta económica con estos ajustes, ver Anexo 5 – Libro Material I.

ITEM 39: CAJA ACOMETIDA.

Diseño inicial: Suministro, transporte e instalación de caja acometida trifásica en policarbonato.

ITEM 39: CAJA ACOMETIDA.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de caja acometida trifásica en policarbonato.

Justificación:

Durante el análisis técnico realizado por el equipo de diseño, en conjunto con la interventoría, se identificó que el APU "Suministro, transporte e instalación de caja acometida trifásica en policarbonato"(CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN DE CAJA DE DERIVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN Y CONEXIÓN DE ACOMETIDAS CNS-NT-03-04)(CAPITULO 5 CONEXIONADO ACOMETIDA AEREA TRENZADA DE B.T. DESDE CAJA DE

DERIVACION INSTALADA SOBRE RED CNS-05-108) requería ajustes tanto en sus materiales, a fin de cumplir con los estándares establecidos por la Norma CENS (ver Anexo 11).

Materiales adicionales incluidos:

Cable de Aluminio Serie 8000 THHN 2 AWG – 8 ML

Conector de penetración principal 16-95 derivación 4-35 Ref. DP5/6E – 4 unidades

Alambre Cu #12 negro 90° – 4 ML

Cinta aislante varios colores – 8 ML

Estos materiales son necesarios para garantizar la correcta alimentación de la caja trifásica, cuya capacidad máxima de conexión está definida para conductores calibre 2 AWG, según lo estipulado por norma. La adición de los conectores y conductores mejora la seguridad, continuidad eléctrica y funcionalidad del sistema.

Justificación técnica – Incremento del peso del APU por inclusión de nuevos materiales eléctricos

Como resultado del ajuste técnico del diseño eléctrico y del proceso de consolidación de cantidades reales requeridas en campo, fue necesaria la inclusión de nuevos materiales en la composición del APU, específicamente:

• Cable de Aluminio Serie 8000 THHN 2 AWG – 8 metros lineales

• Conector de penetración principal 16-95 derivación 4-35 Ref. DP5/6E – 4 unidades

• Alambre Cu #12 negro 90° – 4 metros lineales

• Cinta aislante varios colores – 8 metros lineales

Estos elementos son esenciales para garantizar la correcta conexión, distribución y protección de los sistemas eléctricos dentro del marco normativo vigente (RETIE), así como para asegurar la integridad y funcionalidad del sistema fotovoltaico propuesto.

La incorporación de dichos materiales generó un incremento del peso total del APU, que pasó de 3 kg a 7 kg, es decir, un aumento de 4 kg, directamente atribuible a sus masas individuales. Cabe resaltar que cada uno de estos insumos se encuentra ofertado con su respectivo peso por unidad en el Libro de Materiales del archivo PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, y su costo ha sido definido a partir de estudios de mercado actualizados.

Este incremento en el peso tiene un impacto directo sobre los costos logísticos de transporte y manipulación, especialmente en proyectos ejecutados en zonas rurales o de difícil acceso como las comunidades del departamento del Guainía, donde se presentan limitaciones en las capacidades de carga, tiempos de entrega y medios de transporte disponibles.

Por lo tanto, el ajuste en el valor del APU está técnicamente justificado, derivado del aumento real del peso por la inclusión de materiales fundamentales para la correcta operación del sistema, y ha sido debidamente contemplado en el análisis presupuestal conforme a los lineamientos.

ITEM 469 569 : CAJA ACOMETIDA BIFASICA.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de caja acometida bifásica en policarbonato.

Justificación:

Con el objetivo de garantizar una conexión segura, eficiente y conforme a las condiciones reales de operación en sistemas fotovoltaicos bifásicos de 10 kVA, se hizo necesaria la creación del APU denominado: "Suministro, transporte e instalación de caja acometida bifásica en policarbonato".

Este ítem surge como respuesta a la inaplicabilidad del APU original N.º 39, el cual contempla una caja trifásica, mientras que las condiciones del sistema y los equipos instalados (inversores bifásicos) requieren una solución técnica específica bifásica.

Estas especificaciones técnicas exigen que, en sistemas bifásicos, se disponga de una caja apropiada para derivación y conexión, distinta a la trifásica originalmente contemplada.

Cable de Aluminio Serie 8000 THHN. 2 AWG	ML	6
Suministro, transporte e instalación de caja acometida bifasica en policarbonato	UN	1
Alambre cu #12 negro 90°	ML	3
CONECTOR DE PENETRACION PRINCIPAL 16-95 DERIVACION 4-35 REF DP5/6E	UN	3
Cinta bandit 5/8"	ml	2
CINTA AISLANTE VARIOS COLORES	ML	6
Hebilla de acero inoxidable 5/8"	UN	2,0

Estos materiales han sido seleccionados de acuerdo con las necesidades reales del sistema y están debidamente valorizados en el Libro de Materiales del archivo PRESUPUESTO INÍRIDA_REPLANTEO_V2, con precios obtenidos de estudios de mercado vigentes.

ITEM 4610 5610: SALIDA DE SUBESTACION.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de salida de subestación al

p0(10kva)

ITEM 4610 5610	UNIDAD:
Suministro, transporte e instalación de salida de subestación al p0(10kva)	**UN**

I. MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
106	Conduit pvc tipo A - 2"	ML	20	14	$ 13.438	$ 268.760
107	Soldadura PVC	UN	0,50	0,43	$ 63.461	$ 31.731
108	Curva PVC 2"	UN	4	0,8	$ 5.868	$ 23.472
109	Unión PVC 2"	UN	4	0,8	$ 20.323	$ 81.292
342	CONECTOR DE PENETRACION PRINCIPAL 25-95 DERIVACION 25-95 REF DP7E	UN	6	0,9	$ 25.476	$ 152.856
343	tubería imc 2"x 3	UN	2	22,78	$ 194.709	$ 389.418
338	capacete imc 2"	UN	1,00	0,3	$ 27.921	$ 27.921
340	cinta bandin3/4"	ML	4,00	0,8	$ 4.016	$ 16.064
341	hebilla de acero inoxidable 3/4"	UN	3,00	0,03	$ 1.169	$ 3.507

339	unión imc 2"	UN	1	0,49	$ 7.757	$ 7.757
116	Terminal PVC tipo A 2"	UN	8	0,8	$ 4.269	$ 34.152
114	Caja de inspección de BT, Norma Cens. Incluye rejilla para drenaje, tubería de desagüe, sellantes, marco metálico en ángulo de (2 1/2" x 2 1/2" x 3/16") y tapa en concreto reforzado.	UN	2	310	$ 1.185.342	$ 2.370.684
389	CINTA AISLANTE VARIOS COLORES	ML	15	0,15	$ 484	$ 7.260
117	Sellador elástico cortafuego de silicona	ML	12	0,499999992	$ 1.748	$ 20.976
					SUBTOTAL :	$ 3.435.850

II. EQUIPO Y HERRAMIENTA

Código	Descripción	Tipo	Tarifa/día		Rendimiento	Vr. Parcial
1	Herramienta menor	UN	$ 45.428		1	$ 45.428
					SUBTOTAL :	$ 45.428

III. TRANSPORTE

Código	Descripción	Unidad	Peso		Tarifa / Kg	Vr. Parcial
12	Carga fluvial san José de Guaviare - Inírida	KG	352,78		$ 294	$ 103.717
13	Carga fluvial Inírida - Comunidades	KG	352,78		$ 294	$ 103.717
					SUBTOTAL :	$ 207.435

IV. MANO DE OBRA

Código	Descripción	Jornal	Fac. Pres.		Rendimiento	Vr. Parcial
1	Electricista	$ 76.534	1,60		1	$ 244.909
2	Ayudante	$ 65.427	1,60		1	$ 209.366
					SUBTOTAL :	$ 454.275

TOTAL COSTO DIRECTO:	$ 4.125.481

Justificación técnica del ítem: "Suministro, transporte e instalación de salida de subestación al P0 (10 kVA)"

Descripción general: Este APU corresponde a la ejecución de la salida eléctrica desde la caseta de subestación hasta el primer punto de distribución (poste P0) de un sistema de electrificación con capacidad de 10 kVA. Este tramo constituye la conexión inicial del sistema de distribución y es fundamental para garantizar la continuidad del servicio desde el transformador hacia la red local.

Alcance del ítem: El ítem incluye el suministro, transporte e instalación de todos los materiales y elementos necesarios para establecer la salida de la subestación, conforme a los diseños eléctricos del proyecto y en cumplimiento de las normas técnicas vigentes CENS, incluyendo:

- Conductores de salida.
- Aisladores, conectores y herrajes.
- Canalizaciones si son requeridas.
- Accesorios de fijación.
- Mano de obra calificada.

Motivo de su inclusión: Este APU fue creado para cubrir un tramo técnico específico que no estaba desagregado en otros ítems, y que es imprescindible para habilitar eléctricamente la red. El diseño del sistema contempla que desde la caseta hasta el primer poste se debe garantizar una transición segura, confiable y normativamente válida entre el sistema de transformación y la red de distribución.

El APU fue elaborado siguiendo las especificaciones técnicas exigidas por CENS y RETIE, y está ajustado a la configuración del sistema propuesto (10 kVA, bifásico, con salida aérea). Además, los materiales incluidos corresponden a los ofertados por el proveedor seleccionado, y cumplen con los estándares de calidad y compatibilidad requeridos.

Sustento económico: El precio de este APU fue construido con base en los costos de mercado vigentes, a partir de un estudio de precios unitarios, incorporando los valores de los materiales, costos de transporte al sitio de obra y la mano de obra asociada a su instalación. Cada componente fue analizado conforme a los catálogos técnicos y las condiciones del terreno.

Conclusión técnica: El ítem “Suministro, transporte e instalación de salida de subestación al P0 (10 kVA)” es técnicamente necesario para el funcionamiento integral del sistema de distribución propuesto. Está diseñado conforme a normas CENS, RETIE y estándares de diseño eléctrico rural, incluye materiales certificados, y su costo está debidamente soportado en análisis de precios actualizados.

ITEM 6510 7510: SALIDA DE SUBESTACION.

Diseño propuesto: Suministro, transporte e instalación de salida de subestación al p0(15kva)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ITEM 6.5.10 7.5.10	UNIDAD:
Suministro, transporte e instalación de salida de subestación al p0(15kva)	**UN**

I. MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
364	tubería pvc Conduit 3"	ML	20	23,2	$ 12.341	$ 246.820
107	Soldadura PVC	UN	0,5	0,43	$ 63.461	$ 31.731
365	curva pvc Conduit 3"	UN	4	1,2	$ 17.128	$ 68.512
366	unión pvc Conduit 3"	UN	4	0,6	$ 6.267	$ 25.068
342	CONECTOR DE PENETRACION PRINCIPAL 25-95 DERIVACION 25-95 REF DP7E	UN	8	1,2	$ 25.476	$ 203.808
360	tubería imc 3"x 3	UN	2	51	$ 444.393	$ 888.786
361	capacete imc 3"	UN	1,00	0,7	$ 85.516	$ 85.516
340	cinta bandin3/4"	ML	4,00	0,8	$ 4.016	$ 16.064
341	hebilla de acero inoxidable 3/4"	UN	3,00	0,03	$ 1.169	$ 3.507
362	unión imc 3"	UN	1	2,8	$ 26.778	$ 26.778

390	Terminal PVC tipo A 3"	UN	8	0,048	$ 7.530	$ 60.240
114	Caja de inspección de BT, Norma Cens. Incluye rejilla para drenaje, tubería de desagüe, sellantes, marco metálico en ángulo de (2 1/2" x 2 1/2" x 3/16") y tapa en concreto reforzado.	UN	2	310	$ 1.185.342	$ 2.370.684
389	CINTA AISLANTE VARIOS COLORES	ML	20	0,2	$ 484	$ 9.680
117	Sellador elástico cortafuego de silicona	ML	12	0,499999992	$ 1.748	$ 20.976
					SUBTOTAL :	$ 4.058.170

II. EQUIPO Y HERRAMIENTA

Código	Descripción	Tipo	Tarifa/día		Rendimiento	Vr. Parcial
1	Herramienta menor	UN	$ 45.428		1	$ 45.428
					SUBTOTAL :	$ 45.428

III. TRANSPORTE

Código	Descripción	Unidad	Peso		Tarifa / Kg	Vr. Parcial
1	Carga terrestre Bogotá - Inírida	KG	392,71		$ 3.941	$ 1.547.662
13	Carga fluvial Inírida - Comunidades	KG	392,71		$ 294	$ 115.456
					SUBTOTAL :	$ 1.663.118

IV. MANO DE OBRA

Código	Descripción	Jornal	Fac. Pres.		Rendimiento	Vr. Parcial
1	Electricista	$ 76.534	1,60		1	$ 244.909
2	Ayudante	$ 65.427	1,60		1	$ 209.366
					SUBTOTAL :	$ 454.275

TOTAL COSTO DIRECTO:	$ 6.220.991

Justificación técnica del ítem: "Suministro, transporte e instalación de salida de subestación al P0 (15 kVA)"

Descripción general: Este APU corresponde a la ejecución de la salida eléctrica desde la caseta de subestación hasta el primer punto de distribución (poste P0) de un sistema de electrificación con capacidad de 15 kVA. Este tramo constituye la conexión inicial del sistema de distribución y es fundamental para garantizar la continuidad del servicio

desde el transformador hacia la red local.

Alcance del ítem: El ítem incluye el suministro, transporte e instalación de todos los materiales y elementos necesarios para establecer la salida de la subestación, conforme a los diseños eléctricos del proyecto y en cumplimiento de las normas técnicas vigentes CENS, incluyendo:

- Conductores de salida.
- Aisladores, conectores y herrajes.
- Canalizaciones si son requeridas.
- Accesorios de fijación.
- Mano de obra calificada.

Motivo de su inclusión: Este APU fue creado para cubrir un tramo técnico específico que no estaba desagregado en otros ítems, y que es imprescindible para habilitar eléctricamente la red. El diseño del sistema contempla que desde la caseta hasta el primer poste se debe garantizar una transición segura, confiable y normativamente válida entre el sistema de transformación y la red de distribución.

El APU fue elaborado siguiendo las especificaciones técnicas exigidas por CENS y RETIE, y está ajustado a la configuración del sistema propuesto (15 kVA, trifásico, con salida aérea). Además, los materiales incluidos corresponden a los ofertados por el proveedor seleccionado, y cumplen con los estándares de calidad y compatibilidad requeridos.

Sustento económico: El precio de este APU fue construido con base en los costos de mercado vigentes, a partir de un estudio de precios unitarios, incorporando los valores de los materiales, costos de transporte al sitio de obra y la mano de obra asociada a su instalación. Cada componente fue analizado conforme a los catálogos técnicos y las condiciones del terreno.

Conclusión técnica: El ítem "Suministro, transporte e instalación de salida de subestación al P0 (15 kVA)" es técnicamente necesario para el funcionamiento integral del sistema de distribución propuesto. Está diseñado conforme a normas CENS, RETIE y estándares de diseño eléctrico rural, incluye materiales certificados, y su costo está debidamente soportado en análisis de precios actualizados.

A continuación, se presenta la relación de las cantidades contractuales y las resultantes del replanteo, socializadas y definidas en la reunión efectuada el día 17 de septiembre del 2025 entre el equipo técnico de la subdirección de planificación energética del IPSE y los profesionales asignados por la interventoría y el contratista.

PRESENTACION GENERAL DE PRESUPUESTO

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD INICIAL	CANTIDAD FINAL
1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	UN	102	107
2	SISTEMA INDIVIDUAL SOLAR FOTOVOLTAICO	UN	42	42
3	SSFV MICRORED 13 U PUNTA PAVA	UN	1	1
4	SSFV MICRORED 14 U SABANITA NUEVA	UN	1	1
5	SSFV MICRORED 19 U MORROCO NUEVO	UN	1	1
6	SSFV MICRORED 19 U PUERTO CURAMAL	UN	1	1
7	Sistema de monitoreo y control central	UN	1	1
8	INTERNAS DOMICILIARIAS EN AC	UN	1	1

Anexo cantidades de replanteo de obra mediante archivo “Informe de cambio de Inirida 2 -V4 informe modificación de modificaciones propuesta 3. pdf”, aclarando que el valor resultante del proyecto se mantiene, frente al valor inicial incluido en el contrato interadministrativo 215-2024 suscrito entre el IPSE y DISPAC ($3.706.967.316,00)

Atentamente,

LUIS FELIPE GALVÁN CABALLERO
Subdirector de Planificación Energética

Expediente No.: Expediente: ORFEO: 2024139120310215E - Control Doc: 1829

Proyectó: Jairo Gámez Padro– Contratista profesional eléctrico SPE Jagadro