



**ALCALDIA MAYOR  
BOGOTA D.C.**

**Instituto  
DESARROLLO URBANO**

**“ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y  
LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL,  
EN BOGOTÁ D.C.”**

**CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1630 DE 2020**

**ALCALDÍA MAYOR**

**DE BOGOTÁ D.C.**

**MOVILIDAD**

**Informe Etapa de Diseños  
Componente Redes Secas**

**Informe redes distribución BT urbanismo Altamira**

**CONSORCIO CS**



**CONSORCIO CS**

**Caly Mayor**  
Colombia S.A.S.



**Supering**  
Supervisión e Ingeniería de Proyectos

**BOGOTÁ, 2022 – Junio**

 <p><b>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C.</b> Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p><b>CONSORCIO CS</b> Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Ingeniería y Proyectos</p>
--	--	---

## PRODUCTO DOCUMENTAL

INF-RSG--CASC-226-21

### Informe Etapa Diseño Componente Redes Secas Informe redes distribución BT urbanismo Altamira

#### CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 00	11/01/2022	Versión inicial	18
Versión 01	31/01/2022	Respuesta observaciones interventoria	18

#### ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. EMPRESA CONTRATISTA

VALIDADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
		
Ing. Diego Fernando Devia N. Especialista Redes Secas	Ing. Alexander Uribe. Especialista Redes Secas	Ing. Mario Ernesto Vacca G. Director de Consultoría

REVISADO POR:	AVALADO POR:	APROBADO POR:
		
Ing. José Norberto Velandia Especialista en redes eléctricas, gas, teléfono, fibra óptica	Ing. Wilmer Alexander Roza Coordinador de Interventoría	Ing. Oscar Andrés Rico Gómez Director de Interventoría

 <p><b>ALCALDÍA MAYOR</b> <b>BOGOTÁ D.C.</b> Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p><b>CONSORCIO CS</b> Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p>
---	--	--

## Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	4
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
2	LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	5
3	NORMATIVIDAD APLICADA .....	5
4	ANÁLISIS DE NIVEL DE TENSION .....	6
5	ANÁLISIS DE CARGAS .....	6
6	ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS .....	7
6.1.	FACTORES DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO.....	7
6.2.	CRITERIOS DE EVALUACION.....	9
6.3.	CONCLUSIONES DEL RIESGO ELECTRICO.....	11
7	SELECCIÓN DE CONDUCTOR.....	11
8	CÁLCULOS DE REGULACION DE TENSION.....	12
9	SELECCIÓN DE PROTECCIONES .....	13
10	CÁLCULO DE CANALIZACIONES.....	14
11	CÁLCULOS PERDIDAS DE ENERGIA.....	17
12	CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA EN BT .....	18
13	CONCLUSIONES.....	18

## Índice de Tablas

Tabla 1.	Cargas Ramales redes distribución baja tensión.....	6
Tabla 2.	Análisis de riesgo eléctrico – Contacto directo.....	8
Tabla 3.	Análisis de riesgo eléctrico – Arco eléctrico.....	9
Tabla 4.	Criterios de evaluación de riesgo eléctrico.....	10
Tabla 5.	Características de los conductores de aluminio para la red subterránea.....	11
Tabla 6.	Características de los conductores de aluminio para la red trenzada.....	11
Tabla 7.	Características de los conductores de las acometidas a las viviendas.....	12
Tabla 8.	Cálculos del porcentaje de regulación de tensión Transformado 1.....	12
Tabla 9.	Cálculos del porcentaje de regulación de tensión transformador 2.....	12
Tabla 10.	Cálculos del porcentaje de regulación de tensión transformador 3.....	13
Tabla 11.	Cálculos del porcentaje de regulación de tensión acometidas viviendas.....	13
Tabla 12.	Selección del diámetro de ducto.....	14
Tabla 13.	Características geométricas del tubo conduit PVC tipo EB.....	15
Tabla 14.	Cálculos del porcentaje de ocupación del tubo seleccionado red BT.....	15
Tabla 14.	Cálculos del porcentaje de ocupación del tubo seleccionado acometida.....	16
Tabla 16.	Profundidades mínimas de enterramiento de redes eléctricas subterráneas.....	16
Tabla 17.	Cálculos del porcentaje de perdidas para los conductores seleccionados ramales de distribución de la red de BT.....	17

 <p><b>ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C.</b> Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p><b>CONSORCIO CS</b> Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Ingeniería y Gestión de Proyectos</p>
--	--	--

## 1 INTRODUCCIÓN

Este documento contiene las memorias de cálculos para las redes de baja tensión y acometidas eléctricas residenciales adyacentes a la estación Altamira, que harán parte de línea del Cable Aéreo San Cristóbal, como parte de la etapa de diseños del contrato “Actualización, Ajustes y Complementación de la Factibilidad y Estudios y Diseños del Cable Aéreo en San Cristóbal, En Bogotá D.C.”.

Se realizará el desmonte y subterranización de las redes de baja tensión existentes, con las adecuaciones y mejoras en el urbanismo de la estación Altamira

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

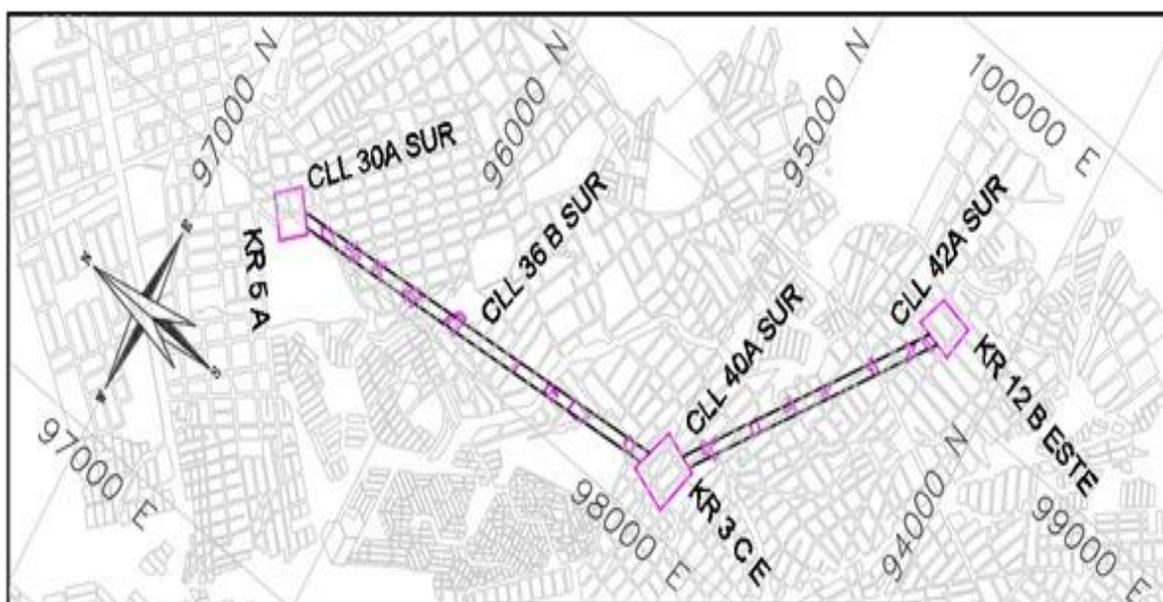
- Elaborar el cálculo de acometidas eléctricas para energizar las veintiocho (28) viviendas pertenecientes al urbanismo de la estación Altamira de la futura línea del Cable Aéreo San Cristóbal, desde la red de baja tensión de CODENSA.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Presentar el análisis de riesgos eléctricos que aplican para el proyecto.
- Desarrollar los cálculos de regulación de tensión y pérdidas de energía, para los conductores de distribución de baja tensión
- Presentar los cálculos de la canalización de acometidas
- Relacionar las características técnicas mínimas de los equipos de medida a instalar en el proyecto.

## 2 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto del Cable San Cristóbal se desarrolla en la localidad de San Cristóbal, el cual contemplan dos tramos. El primer tramo inicia desde la estación 20 de Julio ubicada en la Calle 30A sur con carrera quinta y finaliza en la estación motriz ubicada en el barrio la Victoria entre las calles 40 y 41 Sur, y carreras 3A Este y 3C Este. El segundo tramo inicia en la estación motriz y finaliza en la estación retorno, ubicada en el barrio la Altamira en la calle 42B sur y 43A sur, entre las carreras 12A y 12B este.



*Figura 1- Localización General del Proyecto*

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

## 3 NORMATIVIDAD APLICADA

- NTC 2050 “Norma Técnica Colombiana”
- Normas ENEL-CODENSA.
- CREG 070 de 1998
- RETIE “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas”

 <p><b>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C.</b> Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p><b>CONSORCIO CS</b> Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p>
--	--	--

#### 4 ANALISIS DE NIVEL DE TENSION

Para diseño se requiere el siguiente nivel de tensión, junto con la siguiente regulación máxima permitida y tipo de tarifa:

**Nivel de tensión:** Norma CODENSA 7.1.5.1 - Desde las redes de distribución secundaria

Monofásico y monofásico trifilar a 120/240 V (+ 5%, - 10%) mediante acometida de dos conductores conectadas a fases y uno al neutro.

**Regulación máxima permitida:** Norma CODENSA 7.1.6 – Regulación de Tensión.

El límite de regulación de tensión en los circuitos urbanos de CODENSA es de 3% para acometidas desde bornes del transformador.

**Tipo de tarifa:** Norma CODENSA 7.1.8 – Tipo de tarifa de energía.

*Tipo de Servicio:* residencial.

#### 5 ANALISIS DE CARGAS

La carga requerida para cada vivienda se toma de acuerdo a las tablas de demanda diversificada de ENEL-CODENSA.

RAMAL 1-2 TRANSFORMADOR 1			
CARGA	USUARIOS	KVA X USUARIO	TOTAL KVA
VIVIENDAS	19,0	0,90	17,1

RAMAL 3 TRANSFORMADOR 2			
CARGA	USUARIOS	KVA X USUARIO	TOTAL KVA
VIVIENDAS	7,0	1,14	8,0

RAMAL 4 TRANSFORMADOR 3			
CARGA	USUARIOS	KVA X USUARIO	TOTAL KVA
VIVIENDAS	2,0	1,3	2,6

*Tabla 1. Cargas Ramales redes distribución baja tensión.*

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Ingeniería y Gestión de Proyectos</p>
---	--	---

## 6 ANALISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS

Con el fin de establecer unos parámetros mínimos de seguridad en los trabajadores frente al riesgo de origen eléctrico en el área de trabajo, operaciones y maniobras, se presenta el siguiente análisis.

Entre las actividades laborales que se deben considerar para evaluar el riesgo están:

1. Personas que operan equipos eléctricos o realizan instalaciones eléctricas.
2. Personas que realizan mantenimiento en sistemas eléctricos.
3. Personas que no intervienen en instalaciones eléctricas pero trabajan cerca a ellas.

### 6.1. FACTORES DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO

De la Tabla 9.5 del RETIE se toman los siguientes factores de riesgo que aplican en el presente proyecto:

1. **Arco eléctrico:** Contactos flojos, cortocircuito, apertura de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores.  
*Medida de protección:* Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos eléctricos, mantener distancias de seguridad, usar mono gafas de protección contra rayos ultravioleta
2. **Contacto directo:** Por negligencia de operarios o impericia.  
*Medida de protección:* Cumplir con distancias de seguridad, aislamiento o recubrimiento de partes energizadas, utilización de interruptores, elementos de protección personal de acuerdo al nivel de tensión, puesta a tierra, probar ausencia de tensión.
3. **Contacto indirecto:** fallas a tierra, rayos, fallas de aislamiento, no cumplir con distancias de seguridad.  
*Medida de protección:* Puesta a tierra de baja resistencia, restricción a acceso a partes energizadas, alta resistividad del piso, equipotencializar.
4. **Tensión de paso:** descarga atmosférica, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla.

Medida de protección: Puesta a tierra de baja resistencia, restricción a accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

5. **Cortocircuito:** fallas de aislamiento, impericia de los operarios, accidentes externos, vientos fuertes, humedades.

Medida de protección: interruptores automáticos con dispositivo de disparo de máxima corriente, cortacircuitos, fusibles.

6. **Sobrecarga:** Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos.

Medida de protección: Interruptores automáticos con relé de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles, dimensionamiento de conductores y equipos.

RIESGO A EVALUAR:	Contacto directo por riesgo eléctrico (al o (en) línea energizada)									
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)			FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)				
	POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>			FRECUENCIA				
C O N S I D E R A B L E Z	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Tabla 2. Análisis de riesgo eléctrico – Contacto directo.

Fuente – RETIE

<b>RIESGO A EVALUAR:</b>		Quemaduras por arco eléctrico (al) o (en) red de BT 120/240								
		<b>EVENTO O EFECTO</b> (Ej: Quemaduras)		<b>FACTOR DE RIESGO (CAUSA)</b> (Ej: Arco eléctrico)		<b>FUENTE</b> (Ej: Celda de 13,8 kV)				
POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>		<b>FRECUENCIA</b>						
<b>CONSECUENCIAS</b>	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		<b>E</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	<b>5</b>	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	<b>4</b>	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal ( <del>X</del> >1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	<b>3</b>	<del>BAJO</del>	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	<b>2</b>	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	<b>1</b>	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

*Tabla 3. Análisis de riesgo eléctrico – Arco eléctrico.*

Fuente – RETIE

## 6.2. CRITERIOS DE EVALUACION

En la tabla 3 se presentan los criterios de evaluación de riesgo eléctrico establecidos por el RETIE.

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	<b>Inadmisible para trabajar.</b> Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo.  Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	<b>Minimizarlo.</b> Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP.  Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	<b>Aceptarlo.</b> Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).  Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	<b>Asumirlo.</b> Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.  No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede salir mal o fallar?</li> <li>• ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?</li> <li>• ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?</li> </ul>
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 4. Criterios de evaluación de riesgo eléctrico.

Fuente – RETIE

De acuerdo con el ítem 9.2.2 del RETIE, para evaluar la existencia de alto riesgo, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- “Que existan condiciones peligrosas, plenamente identificables, especialmente carencia de medidas preventivas específicas contra los factores de riesgo eléctrico; equipos, productos o conexiones defectuosas; insuficiente capacidad para la carga de la instalación eléctrica; violación de distancias de seguridad; materiales combustibles o explosivos en lugares donde se pueda presentar arco eléctrico; presencia de lluvia, tormentas eléctricas y contaminación.
- Que el peligro tenga un carácter inminente, es decir, que existan indicios racionales de que la exposición al factor de riesgo conlleve a que se produzca el accidente. Esto significa que la muerte o una lesión física grave, un incendio o una explosión, puede ocurrir antes de que se haga un estudio a fondo del problema, para tomar las medidas preventivas.
- Que la gravedad sea máxima, es decir, que haya gran probabilidad de muerte, lesión física grave, incendio o explosión, que conlleve a que una parte del cuerpo o todo, pueda ser lesionada de tal manera que se inutilice o quede limitado su uso en forma permanente o que se destruyan bienes importantes de la instalación o de su entorno.
- Que existan antecedentes comparables, el evaluador del riesgo debe referenciar al menos un antecedente ocurrido con condiciones similares”.

### 6.3. CONCLUSIONES DEL RIESGO ELECTRICO

El nivel de riesgo se determina “RIESGO MEDIO”, toda vez que la instalación se deberá realizar con personal calificado y certificado para trabajos en alturas con sus respectivos elementos de protección personal, tomando medidas preventivas de señalización del área de trabajo mediante delineadores tubulares y cinta de peligro, sin exposición a lluvias o tormentas eléctricas, con las líneas eléctricas desenergizadas, usando la puesta a tierra. Las conexiones finales y energización del proyecto estará a cargo de CODENSA.

## 7 SELECCIÓN DE CONDUCTOR

Considerando que en la norma SC204 de ENEL-CODENSA, establece que: “*el cable de cobre aplica solo para redes existentes donde se requiera reponer la infraestructura existente donde el ducto no permita el uso de cable de Aluminio*”, se seleccionan los conductores de aluminio (Al) para los ramales de la red de distribución a subterranizar.

De la tabla 5,6 se toman las constantes de regulación de sistemas trifásicos en conductores de aluminio.

enel codensa		CONSTANTES DE REGULACIÓN							
APLIC	CALIBRE [AWG o Kcmil]	R Equiv [Ω / Km]	XL [Ω/Km]	K [%/kVA-m]	In, Subt. [A]	Tensión de servicio [V]	Material	Sistema	Conductor
Red de B.T subterránea enterramiento directo para A.P en sitios de alto índice de hurto	500	0,12777	0,11048	3,77095E-04	310	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
	400	0,15971	0,11260	4,45679E-04	270	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
	350	0,18252	0,11396	4,94504E-04	250	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
	250	0,25552	0,11768	6,50111E-04	205	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
	4/0	0,30190	0,11481	7,43698E-04	180	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
	2/0	0,48005	0,12003	1,11955E-03	135	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
	1/0	0,80527	0,12295	1,38298E-03	120	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
	2	0,96252	0,12500	2,12823E-03	90	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
	4	1,53048	0,13141	3,31618E-03	65	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
6	2,43381	0,13872	5,20269E-03	50	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos		
8	3,86873	0,14710	8,19613E-03	40	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos		

Tabla 5. Características de los conductores de aluminio para la red subterránea.

Fuente – Normas ENEL-CODENSA

Red aérea Trenzada en B.T	Red de BT aérea urbana	1x35mm <sup>2</sup> +35 mm <sup>2</sup>	0,86800	0,10320	3,44243E-02	160	-----	120	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		3x35mm <sup>2</sup> +50 mm <sup>2</sup>	0,87111	0,09489	1,90773E-03	160	-----	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		2x50mm <sup>2</sup> +50 mm <sup>2</sup>	0,64100	0,10984	8,67750E-03	205	-----	208/120	ALUMINIO	2φ, 3 hilos	
		3x70mm <sup>2</sup> +50 mm <sup>2</sup>	0,43448	0,09351	9,98050E-04	240	-----	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		3x95mm <sup>2</sup> +50 mm <sup>2</sup>	0,27340	0,08941	6,58820E-04	325	-----	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	

Tabla 6. Características de los conductores de aluminio para la red trezada.

Fuente – Normas ENEL-CODENSA

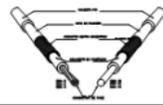
Conductor antifrased PE-PVC	Acometida Aérea Antifrased	CMA 14	17,85365	0,07868	1,11823E-01	18	16	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CMA 12	11,38684	0,06849	7,13750E-02	24	21	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CMA 10	7,30338	0,06019	4,58283E-02	33	29	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CMA 8	4,64815	0,06582	2,92502E-02	43	38	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CMA 6	2,91135	0,05619	1,83660E-02	58	52	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CMA 4	1,80210	0,06254	1,14524E-02	79	71	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CTA 10	3,67661	0,11624	0,00777	41	37	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		CTA 8	2,35617	0,11000	0,00501	57	53	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		CTA 6	1,48298	0,10449	0,00319	77	69	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		CTA 4	0,93148	0,09935	0,00204	100	91	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
Conductor antifrased PE-PVC	Acometida Aérea Antifrased	2X10 mm <sup>2</sup>	0,02458	0,05841	2,45789E-02	24	21	120	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		2X16 mm <sup>2</sup>	2,44231	0,05228	1,54227E-02	-----	-----	120	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
Conductor Monopolar THW	Acometidas de BT subterráneas en ductos	500	0,07776	0,10695	2,65629E-04	-----	380	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		400	0,09720	0,10788	3,04584E-04	-----	335	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		350	0,11108	0,10890	3,35979E-04	-----	310	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		250	0,15551	0,11145	4,27666E-04	-----	255	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		4/0	0,18373	0,11076	4,81759E-04	-----	230	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		2/0	0,29215	0,11507	7,09272E-04	-----	175	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		1/0	0,36836	0,11758	8,64741E-04	-----	150	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		2	0,58578	0,11977	1,30761E-03	-----	115	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		4	0,93144	0,12524	2,01401E-03	-----	85	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		6	1,48120	0,13173	3,12320E-03	-----	65	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
8	2,35448	0,13908	4,92117E-03	-----	50	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos			

Tabla 7. Características de los conductores de las acometidas a las viviendas.

Fuente – Normas ENEL-CODENSA

## 8 CALCULOS DE REGULACION DE TENSION

Con las características de los conductores seleccionados, se desarrollan los cálculos de regulación mostrados en las siguientes tablas.

CALCULO DE REGULACION CUENTAS ASOCIADAS TRANSFORMADOR CD:20497 150kVA															
Aerea	X	Aerea	X	KVA USUARIO	KVA TRAMO	ME KVA*M	RAMAL BAJA TENSION			CORRIENTE AMPERIOS	ALIMENTADOR	REGULACION (%)			
Subterránea		Subterránea					FASES		DUCTO			CARGA	Aluminio	Parcial	Acumulada
RAMAL	TRAMO	LONGITUD TRAMO	NUMERO USUARIOS				Nº	K1	Calibre						
Transformador 1	TR-P1	29	19	1,35	25,7	743,85	3	0,00099805	2/0	6"	71,3	TRENZADO 3F2/0+1N2/0	0,742399	0,742399	
1	P1-01	10,0	19	1,35	25,7	256,50	3	0,00111955	2/0	6"	74,8	3F2/0+1N2/0	0,287165	1,029564	
	01 - 03	28,0	10	1,58	15,8	442,40	3	0,00111955	2/0	6"	46,1	3F2/0+1N2/0	0,495289	1,524853	
	03 - 05	43,0	6	1,78	10,7	459,24	3	0,00111955	2/0	6"	31,1	3F2/0+1N2/0	0,514142	2,038995	
2	01 - 07	42,0	6	1,78	10,7	448,56	3	0,00111955	2/0	6"	31,1	3F2/0+1N2/0	0,502185	1,531749	
	07 - 08	20,0	3	1,95	5,9	117,00	3	0,00111955	2/0	6"	17,1	3F2/0+1N2/0	0,130987	1,662737	

Tabla 8. Cálculos del porcentaje de regulación de tensión Transformado 1.

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

CALCULO DE REGULACION CUENTAS ASOCIADAS TRANSFORMADOR CD:20492 150kVA															
Aerea	X	Aerea	X	KVA USUARIO	KVA TRAMO	ME KVA*M	RAMAL BAJA TENSION			CORRIENTE AMPERIOS	ALIMENTADOR	REGULACION (%)			
Subterránea		Subterránea					FASES		DUCTO			CARGA	Aluminio	Parcial	Acumulada
RAMAL	TRAMO	LONGITUD TRAMO	NUMERO USUARIOS				Nº	K1	Calibre						
Transformador 2	TR-P2	40	2	1,95	3,9	156,00	3	0,00099805	2/0	6"	10,8	TRENZADO 3F2/0+1N2/0	0,155696	0,155696	

Tabla 9. Cálculos del porcentaje de regulación de tensión transformador 2.

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

CÁLCULO DE REGULACION CUENTAS ASOCIADAS TRANSFORMADOR CD:59019 150kVA														
Aerea		Aerea												
Subterránea	X	Subterránea	X											
RAMAL	TRAMO	LONGITUD TRAMO	NUMERO USUARIOS	KVA USUARIO	KVA TRAMO	ME KVA*M	RAMAL BAJA TENSION			CORRIENTE AMPERIOS	ALIMENTADOR	REGULACION (%)		
							FASES		DUCTO			CARGA	Aluminio	Parcial
Nº	K1	Calibre	PVC											
Transformador 3	TR-P1	120	7	1,72	12,0	1444,80	3	0,00099805	2/0		33,4	TRENZADO 3F2/0+1N2/0	1,441983	1,441983
1	P1-09	10,0	7	1,72	12,0	120,40	3	0,00111955	2/0	6"	35,1	3F2/0+1N2/0	0,134794	1,576776
	09 - 11	42,0	7	1,72	12,0	505,68	3	0,00111955	2/0	6"	35,1	3F2/0+1N2/0	0,566134	2,142911
	11 - 12	27,0	4	1,89	7,6	204,12	3	0,00111955	2/0	6"	22,0	3F2/0+1N2/0	0,228523	2,371433

Tabla 10. Cálculos del porcentaje de regulación de tensión transformador 3.

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

CÁLCULO DE REGULACION USUARIOS DESDE BARRAJE CAMARA BT														
VIVIENDA	LONGITUD TRAMO	NUMERO USUARIOS	KVA USUARIO	KVA TRAMO	ME KVA*M	RAMAL BAJA TENSION			CORRIENTE AMPERIOS	ALIMENTADOR	REGULACION (%)			
						FASES		DUCTO			CARGA	Cobre	Parcial	Acumulada
						Nº	K1 MONOFASIC	Calibre						
1	25	1	3,5	3,5	87,50	1	0,0245789	2/0	3/4	29,2	Antifraude 3F8+1N8	2,150654	2,150654	
2	20	1	3,5	3,5	70,00	1	0,02952702	2/0	3/4	29,2	Monopolar 1F28+1N8	2,066891	2,066891	

Tabla 11. Cálculos del porcentaje de regulación de tensión acometidas viviendas.

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Se verifica que cada cálculo del porcentaje de regulación presentado en las tablas 8,9,10 y 11 está por debajo del 3%, por consiguiente, el conductor seleccionado para cada ramal y acometidas, operaría dentro de los límites estipulados por la norma ENEL-CODENSA 7.1. Acometidas eléctricas y medidores.

## 9 SELECCIÓN DE PROTECCIONES

Se calcula una carga aproximada para la acometida en los usuarios de 3.5 kVA, se obtiene el siguiente cálculo de la corriente nominal:

$$I_n = \frac{P}{V} = \frac{3.5 \text{ kVA}}{120V} = 29.16A$$

$$I = I_n * 1.25 = 36.45A$$

Por lo tanto, se selecciona una protección de 1x40A

## 10 CALCULO DE CANALIZACIONES

En vista que la red de baja tensión es subterránea, se selecciona las cámaras CS-275 y CS-276 la cual es empleada para redes de distribución en BT donde se alojara

Para la selección de la bajante nos dirigimos a la norma CS-204 donde nos indica que la bajante corresponde a un ducto IMC de 2”.

AWG o kcmil Cu	Cu (mm <sup>2</sup> )	Al (mm <sup>2</sup> )	Redes - Circuitos	Ducto para canalizaciones	Ducto metálico para subterranización o afloramiento
2/0-4/0-300 (**)	70-120- 150 (**)	240	De 34,5 kV	6”	6”
2-2/0-4/0-300 (**)	35-70-120 150 (**)	95 - 185 -240	11,4kV y 13,2 kV	6”	6”
		25 – 50 – 95 - 150 - 240	De BT: 208/120 V	4” (*)	4”, 3”, 2” (*)
		16 – 25 - 35	De AP: 208/120 V; 480/277 V; 380/220 V	3”	3”, 2” (*)

*Tabla 12. Selección del diámetro de ducto.*

Fuente – Norma CS-204

Respecto a las canalizaciones entre cámaras, la norma CS275 y CS276 indica que el ducto PVC para la subterranización de las acometidas es de 4” tipo EB, por recomendación del operador de red ENEL-CODENSA se incluye la norma CS212 banco de ductos donde se diseña la red de baja tensión con 6Φ6”, para las acometidas desde el barraje a las viviendas se usara ductos PVC e IMC 1Φ3/4”

Tomando las secciones de tubo seleccionado y del conductor calculado en la regulación para cada ramal y acometidas, se calcula el porcentaje de ocupación mostrado en la tabla 14 y 15. En esta se verifica que dicho porcentaje cumple con lo estipulado en la Tabla 1 del capítulo 9 de la NTC 2050 (<40% para más de dos conductores).

Tamaño comercial		Tubo conduit de PVC Tipo EB				
pulgadas	mm	Diámetro interior, mm.	Sección total 100%, mm <sup>2</sup>	Dos hilos 31% mm <sup>2</sup>	Más de dos hilos 40% mm <sup>2</sup>	Un hilo 53% mm <sup>2</sup>
½	16	----	----	----	----	----
¾	21	----	----	----	----	----
1	27	----	----	----	----	----
1 ¼	35	----	----	----	----	----
1 ½	41	----	----	----	----	----
2	53	56,41	2499,35	774,84	1000,0	1324,51
2 ½	63	----	----	----	----	----
3	78	84,84	5618,7	1741,93	2247,74	2978,1
3 ½	91	96,62	7332,24	2272,9	2932,89	3886,44
4	104	108,94	9321,27	2889,67	3728,38	4940,0
5	129	135,03	14319,33	4439,35	5727,73	7589,66
6	155	160,93	20341,9	6305,79	8136,76	10781,27

Tabla 13. Características geométricas del tubo conduit PVC tipo EB.

Fuente –NTC 2050

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diámetro* mm	Area por cable mm <sup>2</sup>	Total Grupo mm <sup>2</sup>
1	2/0	CABLE MONOPOLAR 75 (PVC-PVC) 600 V	4	16,94	225,38	901,52
2	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
					<b>Area Total</b>	<b>901,52 mm<sup>2</sup></b>
Tipo de Ducto: <input type="text" value="Tubo de PVC, Tipo EB"/>						
Diámetro: <input type="text" value="6"/> Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 2 1/2 "					Diámetro** 160,9 mm	Area Total 20333,02 mm <sup>2</sup>
<b>Max. Ocupacion</b>			<b>40,00%</b>	<b>Ocupación</b>		<b>4,43%</b>

Tabla 14. Cálculos del porcentaje de ocupación del tubo seleccionado red BT.

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	8	THW 600 V	2	5,99	28,18	56,36	
2	10	THW 600 V	1	4,47	15,69	15,69	
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
<b>Area Total</b>						<b>72,05</b>	<b>mm2</b>
<p>Tipo de Ducto:  <input type="text" value="Tubo Metalico Intermedio IMC"/></p> <p>Diametro:  <input type="text" value="3/4"/> Pulgadas</p> <p>Diámetro mínimo recomendado            1 "</p>							
<b>Area Total</b>						<b>21,9</b>	<b>mm2</b>
<b>Max. Ocupacion</b>				<b>40,00%</b>		<b>Ocupación</b>	
						<b>19,13%</b>	

Tabla 15. Cálculos del porcentaje de ocupación del tubo seleccionado acometida.

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Por último, el ducto entre cámaras se debe enterrar a una profundidad de 0.6m como lo indica la tabla 25.1 del RETIE.

Tensión Fase- Fase (V)	Profundidad Ducto (m)	Profundidad conductor enterramiento directo (m)
Alumbrado Público	0,50	0,50
0 a 600	0,60	0,60
601 a 34500	0,75	0,95
34501 a 57500	1,00	1,20

Tabla 16. Profundidades mínimas de enterramiento de redes eléctricas subterráneas.

Fuente – RETIE

## 11 CALCULOS PERDIDAS DE ENERGIA

En la circulación de corriente se genera una pérdida de potencia eléctrica en los conductores, el cual se expresa porcentualmente

$$\%Pérdidas = \frac{3 * i * R * l * (0.7 * F_c + 0.3)}{4 * V_{Ln} * FP * NCF} * 100$$

Siendo  $F_c$  el factor de carga,  $FP$  el factor de potencia considerado y  $NCF$  el número de conductores por fase.

El factor de carga esta dado por la relación:

$$F_c = \frac{\text{Potencia promedio (kVA)}}{\text{Potencia máxima (kVA)}}$$

En la tabla 17 se presentan los cálculos del porcentaje de pérdidas.

Cálculo de Pérdidas en los conductores por efecto Joule											
Diseño:			JUAN CARLOS ECHEVERRY			Cliente:			URBANIZACION ESTACION ALTAMIRA		
Nombre del Proyecto:			TRANSFORMADOR 1			Potencia de la carga:			150	kVA	11/01/2022
Nombre del circuito		Potencia	Corriente	Tipo de Servicio	Factor de multiplicación	Material cable/ducto	Calibre de la Fase	Número de conductores	Resistencia (Ohm/km)	Longitud del circuito (m)	Potencia perdida por efecto Joule (W)
Desde	Hasta	kVA	Ampers								
Transformador 1	Camara 01	25,70	71	3Ø	3	Aluminio/PVC	2/0	3	0,525	49	131,03
Camara 01	Camara 05	15,80	44	3Ø	3	Aluminio/PVC	2/0	3	0,525	70	70,75
Camara 01	Camara 08	10,70	30	3Ø	3	Aluminio/PVC	2/0	3	0,525	62	28,74
<b>TOTAL:</b>											<b>230,52</b>
<b>PORCENTAJE DE PÉRDIDAS:</b>											<b>0,2%</b>
Cálculo de Pérdidas en los conductores por efecto Joule											
Nombre del Proyecto:			TRANSFORMADOR 2			Potencia de la carga:			150	kVA	11/01/2022
Nombre del circuito		Potencia	Corriente	Tipo de Servicio	Factor de multiplicación	Material cable/ducto	Calibre de la Fase	Número de conductores	Resistencia (Ohm/km)	Longitud del circuito (m)	Potencia perdida por efecto Joule (W)
Desde	Hasta	kVA	Ampers								
Transformador 2	Poste	25,70	71	3Ø	3	Aluminio/PVC	2/0	3	0,525	49	131,03
<b>TOTAL:</b>											<b>131,03</b>
<b>PORCENTAJE DE PÉRDIDAS:</b>											<b>0,1%</b>
Cálculo de Pérdidas en los conductores por efecto Joule											
Diseño:			JUAN CARLOS ECHEVERRY			Cliente:			URBANIZACION ESTACION ALTAMIRA		
Nombre del Proyecto:			TRANSFORMADOR 1			Potencia de la carga:			150	kVA	11/01/2022
Nombre del circuito		Potencia	Corriente	Tipo de Servicio	Factor de multiplicación	Material cable/ducto	Calibre de la Fase	Número de conductores	Resistencia (Ohm/km)	Longitud del circuito (m)	Potencia perdida por efecto Joule (W)
Desde	Hasta	kVA	Ampers								
Transformador 3	Camara 09	12,00	33	3Ø	3	Aluminio/PVC	2/0	3	0,525	120	69,96
Camara 09	Camara 12	12,00	33	3Ø	3	Aluminio/PVC	2/0	3	0,525	79	46,06
<b>TOTAL:</b>											<b>116,02</b>
<b>PORCENTAJE DE PÉRDIDAS:</b>											<b>0,1%</b>

*Tabla 17. Cálculos del porcentaje de pérdidas para los conductores seleccionados ramales de distribución de la red de BT.*

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

Se verifica que cada cálculo del porcentaje de pérdidas presentado en la tabla 12 está por debajo del 1.38%, por lo tanto, el conductor seleccionado como acometida para cada torre operaría dentro de los límites exigidos por la GREG.

## 12 CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA EN BT

Todos los usuarios son existentes y no habrá cambio de medidores, se realizará la subterranización de las acometidas y las redes de distribución, por lo tanto, no es necesario verificar sus características al ser estos ya matriculados y que se encuentran en funcionamiento.

## 13 CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis de riesgo eléctrico por contacto directo y arco eléctrico, en el que se determina un nivel de riesgo medio.
- Se obtuvieron los cálculos de regulación de tensión y pérdidas de energía, para los conductores seleccionados en las redes de distribución subterráneas de BT del urbanismo de la estación Altamira, cumpliendo con lo estipulado por la NTC 2050, normas ENEL-CODENSA, el RETIE y la GREG.
- Se elaboraron los cálculos de la canalización de acometidas de acuerdo a lo indicado por la NTC 2050, normas ENEL-CODENSA y el RETIE.