

**DIAGNÓSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA FRENTE A UN HORIZONTE DE
PLANEACIÓN DE 2016 – 2025**

**GABRIEL EDUARDO BAUTISTA SÁNCHEZ
ANDRÉS ANTONIO RIVERA JAIMES
JOSE ALBERTO SALCEDO RUEDA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2017**

**DIAGNÓSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA FRENTE A UN HORIZONTE DE
PLANEACIÓN DE 2016 – 2025**

**GABRIEL EDUARDO BAUTISTA SÁNCHEZ
ANDRÉS ANTONIO RIVERA JAIMES
JOSE ALBERTO SALCEDO RUEDA**

**Trabajo de grado para optar el
título de Ingeniero Electricista**

Director

**OSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA
Doctor en Ingeniería Eléctrica**

Codirector

**GUILLERMO ANDRÉS BELTRÁN MANTILLA
Profesional Planeación y Gestión – ESSA EPM**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2017

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a:

Mi padre Rodolfo, quien me ha acompañado y apoyado durante toda mi vida y es mi ejemplo a seguir.

Mi madre Euila, por existir y por darme todo lo que puede y lo que no

Mi hermana Katherine, por sus consejos y preocupaciones por mi bienestar.

Mi hermana Angélica, por ser mi hermana y amiga, por estar ahí, por preocuparse por mí, por no solo pensar en ti. Te quiero, así muy poco lo diga o lo demuestre.

A mi novia Lina, Por ser mi apoyo, mi hombro donde descargar las frustraciones, por querer lo mejor para mí, por siempre creer en mí (a veces más que yo), por entenderme cuando estaba estresado, por darme voz de aliento cuando no dormía y las cosas no salían bien, por estar ahí cuando lloro y cuando triunfo.

Todo tiempo llega.

Gracias.

Gabriel Eduardo Bautista Sánchez

Tu ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos, este proyecto no fue para nada fácil, pero estuviste ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían, y además de ser una colega, eres una persona importante para mí.

Esta tesis va dedica para ti, Lina Y. Bautista.

Jose A. Salcedo Rueda.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, quienes por sus sabios consejos y apoyo incondicional logramos nuestras metas.

A la Universidad Industrial de Santander y especialmente a la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones por todo el conocimiento y experiencias adquiridas.

A nuestros directores, Profesor Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga y el ingeniero Guillermo Andrés Beltrán Mantilla por guiarnos enseñarnos un poco el proceso de planeación en el campo laboral.

Al evaluador, Johann Farith Petit Suarez por sus consejos los cuales nos permitió terminar el proyecto en los tiempos establecidos.

Por último, a nuestros compañeros de proyectos.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. METODOLOGÍA PARA LA PROYECCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA.....	24
1.1 PROYECCIÓN GLOBAL DE CLIENTES POR CIRCUITO.	25
1.1.1 Análisis de series de tiempo	26
1.1.2 Preferencia inicial de asentamiento de clientes	31
1.1.3 Potencia en kVA por instalación para cada tipo de usuario	32
1.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA POR CIRCUITO A CORTO PLAZO.....	32
1.2.1 Proyección de la demanda residencial a corto plazo	33
1.2.2 Proyección de la demanda comercial, industrial y oficial a corto plazo.....	33
1.3 DISTRIBUCIÓN POR CIRCUITO A MEDIANO Y LARGO PLAZO DE LOS CLIENTES PROYECTADOS GLOBALMENTE	34
1.3.1 Preferencia inicial de clientes proyectados	35
1.3.2 Distribución por circuito en el mediano y largo plazo de los clientes residenciales proyectados globalmente	35
1.3.3 Distribución por circuito en el mediano y largo plazo de los clientes comerciales, industriales y oficiales proyectados globalmente	38
2. ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS: CLIENTES 2010 - 2015, CLASIFICADOS POR TIPO DE CLIENTES	39
2.1 CLIENTES HISTÓRICOS 2010 – 2015	39
2.2 CRECIMIENTO HISTÓRICO DE CLIENTES 2010 – 2015.....	40
2.2.1 Crecimiento histórico de clientes Residenciales y Comerciales.....	40
2.2.2 Crecimiento histórico de clientes Industriales y Oficiales.....	41
3. CALCULOS PRELIMINARES PARA LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA....	43
3.1 PROYECCIÓN GLOBAL DE CLIENTES	43
3.1.1 Datos iniciales para la Proyección Global de Clientes	43
3.1.2 Resultados de la Proyección de Holt	44
3.1.3 Resultados y análisis de la Proyección Global de Clientes 2016-2025.....	44
3.2 PREFERENCIA INICIAL DE CLIENTES.....	51

3.2.1 Preferencia Inicial de Clientes Residenciales 2011 – 2012.....	51
3.2.2 Preferencia Inicial de Clientes Comerciales 2011 – 2012.....	52
3.2.3 Preferencia Inicial de Clientes Industriales 2011 – 2012.....	53
3.2.4 Preferencia Inicial de Clientes Oficiales 2012 – 2013.....	55
3.3 POTENCIA EN KVA POR CLIENTE (KVA/INSTALACION) Y POR CIRCUITO.....	56
4. DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES Y POTENCIA POR CIRCUITO CORTO PLAZO	60
4.1 PROYECTOS RESIDENCIALES EN EL CORTO PLAZO 2016-2018.....	60
4.1.1 Proyección estadística de cliente por circuito y año.....	60
4.1.2 Proyección determinística de proyectos Residenciales	61
4.1.3 Clientes residenciales en potencia a corto plazo en el municipio de Piedecuesta	66
4.2 PROYECTOS COMERCIALES, INDUSTRIALES Y OFICIALES EN CORTO PLAZO	68
4.3 POTENCIAS TOTALES A FINAL DEL CORTO PLAZO.....	70
5. DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES Y POTENCIA POR CIRCUITO MEDIANO Y LARGO PLAZO	72
5.1 NUEVA PREFERENCIA INICIAL DE CLIENTES 2016-2018	72
5.2 ANÁLISIS DEL TERRITORIO PIEDECUESTANO MEDIANTE EL PBOT Y PLANES PARCIALES	73
5.2.1 Suelos de protección y de importancia ambiental.....	74
5.2.2 Suelos de desarrollo Rural.....	74
5.2.3 Otros suelos.....	75
5.2.4 Planes Parciales en las zonas de Expansión Norte y Sur.....	78
5.3 CLIENTES DISTRIBUIDOS POR CIRCUITOS EN EL MEDIANO PLAZO 2019 -2021.....	99
5.3.1 Distribución clientes Residenciales.....	99
5.3.2 Distribución clientes comercial, industrial y oficial.....	103

5.4 CLIENTES DISTRIBUIDOS POR CIRCUITOS EN EL LARGO PLAZO	
2022-2025.....	103
5.4.1 Distribución clientes residenciales largo plazo.....	103
5.4.2 Distribución clientes comercial, industrial y oficial.....	104
5.5 POTENCIAS POR CIRCUITOS PARA MEDIANO Y LARGO PLAZO	105
5.6 POTENCIAS POR CIRCUITOS PARA MEDIANO Y LARGO PLAZO	
CON PROYECTOS PUNTUALES	107
5.6.1 Obtención del kVA/m2	107
6. SIMULACIÓN Y DIAGNOSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCION NIVEL II	
DE TENSIÓN	111
6.1 SIMULACIÓN Y DIAGNOSTICO SIN PROYECTOS PUNTUALES.....	112
6.1.1 Circuito 34 503 – Cabecera del Llano.....	112
6.1.2 Circuito 37 501 – San Cristóbal	114
6.1.3 Circuito 37 502 – San Cristóbal	117
6.1.4 Circuito 37 503 – San Cristóbal	120
6.1.5 Circuito 37 504 – San Cristóbal	125
6.1.6 Circuito 41 501 – La Granja	127
6.1.7 Circuito 41 502 – La Granja	132
6.1.8 Circuito 41 503 – La Granja	135
6.1.9 Diagnóstico de la primera simulación.....	137
6.2 DIAGNÓSTICO DE LOS TRANSFORMADORES MT/MT DE LAS	
SUBESTACIONES EN PIEDECUESTA	139
6.2.1 Subestación Cabecera del Llano (34).....	139
6.2.2 Subestación San Cristóbal (37)	140
6.2.3 Subestación La Granja (41)	142
6.2.4 Diagnóstico de los transformadores de media tensión en las	
subestaciones principales.....	143
6.3 SIMULACIÓN Y DIAGNOSTICO CON PROYECTOS PUNTUALES.....	144
6.3.1 Proyectos de Gran Impacto	144
6.4 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN CON PROYECTO PUNTUALES.....	147

7. CONCLUSIONES	150
REFERENCIAS	152
BIBLIOGRAFÍA.....	155

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clientes históricos 2010 - 2015.....	39
Tabla 2. Clientes totales 2010 - 2015	40
Tabla 3. Crecimiento de clientes Residenciales y Comerciales	41
Tabla 4. Crecimiento de clientes Industriales y Oficiales	42
Tabla 5. Clientes 2010 - 2015	43
Tabla 6. Resultado de la Proyección Holt, Clientes Residenciales	45
Tabla 7. Resultado de la Proyección Holt, Clientes Comerciales	46
Tabla 8. Resultado de la Proyección Holt, Clientes Industriales	48
Tabla 9. Resultado de la Proyección Holt, Clientes Oficiales.....	50
Tabla 10. Preferencia inicial de clientes Residenciales 2011 - 2012	52
Tabla 11. Preferencia inicial de clientes Comerciales 2011 - 2012.....	53
Tabla 12. Preferencia inicial de clientes Industriales 2011 - 2012	54
Tabla 13. Ajuste de la preferencia inicial de clientes Oficiales 2012 -2013.....	55
Tabla 14. Preferencia inicial de clientes Oficiales 2012 - 2013.....	56
Tabla 15. Fuente oficial de clientes por circuito	57
Tabla 16. Consumo de potencia por tipo de cliente y por circuito.....	58
Tabla 17. kVA instalación por tipo de cliente	59
Tabla 18. Proyección estadística residencial en el corto plazo	60
Tabla 19. Proyectos determinísticos en el municipio de Piedecuesta.....	61
Tabla 20. Proyectos residenciales a no tener en cuenta.....	63
Tabla 21. Proyectos anuales por circuito	64
Tabla 22. Unidades de vivienda anuales en los circuitos.....	65
Tabla 23. Potencia de los proyectos por circuito.....	66
Tabla 24. Proyección a corto plazo en potencia para clientes residenciales	68
Tabla 25. Potencia de clientes Comerciales en corto plazo.....	69
Tabla 26. Potencias de clientes Industriales en corto plazo.....	69
Tabla 27. Potencias de clientes Oficiales en corto plazo	70
Tabla 28. Potencias totales en el corto plazo.....	71

Tabla 29. Nueva preferencia inicial 2016-2018.....	73
Tabla 30. Usos del suelo en el municipio de Piedecuesta	74
Tabla 31. Cantidad de viviendas por Plan Parcial.....	98
Tabla 32. Áreas totales del sector Comercial, Industrial y Oficial	98
Tabla 33. Calculo del factor de Gompertz.....	100
Tabla 34. Primera distribución con Gompertz.	101
Tabla 35. Segunda distribución 2021 y obtención de viviendas totales	102
Tabla 36. Distribución de clientes Comercial, Industrial y Oficial 2021	103
Tabla 37. Distribución de clientes largo plazo.....	104
Tabla 38. Distribución de clientes Comercial, Industrial y Oficial 2025	105
Tabla 39. Potencias obtenidas mediano plazo.....	106
Tabla 40. Potencias obtenidas largo plazo	106
Tabla 41. Obtención del kVA/m ²	108
Tabla 42. Potencias de los proyectos puntuales.....	109
Tabla 43. Potencia de los proyectos puntuales definitivos.....	110
Tabla 44. Líneas sobrecargadas año a año 37 501	123
Tabla 45. Líneas sobrecargadas año a año 41 501	130
Tabla 46. Líneas sobrecargadas año a año 41 502.....	134
Tabla 47. Diagnóstico de la primera simulación.....	138
Tabla 48. Diagnóstico de los transformadores de media tensión.....	144

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Proyección de clientes Residenciales	45
Grafica 2. Proyección de clientes Comerciales.....	47
Grafica 3. Proyección de clientes Industriales.	49
Grafica 4. Proyección de clientes Oficiales	50
Grafica 5. Porcentaje de participación de los nuevos proyectos en cada circuito..	63

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Curva de Gompertz.....	36
Imagen 2. Factores de corrección Gompertz	37
Imagen 3. Imagen satelital PP HIPINTO.....	80
Imagen 4. Imagen satelital PP TABLANCA	82
Imagen 5. Imagen satelital PP FCV – UG1.....	84
Imagen 6. Imagen satelital PP FCV – UG2.....	84
Imagen 7. Imagen satelital PP FCV – UG3.....	85
Imagen 8. Imagen satelital PP RIO DEL HATO	88
Imagen 9. Imagen satelital PP EL MOLINO.....	91
Imagen 10. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG1.....	93
Imagen 11. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG1.....	93
Imagen 12. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG4.....	94
Imagen 13. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG4.....	95
Imagen 14. Imagen satelital PP BARROBLANCO – UG1.....	97
Imagen 15. Imagen satelital PP BARROBLANCO – UG2.....	97
Imagen 16. Circuito georreferenciado 31 503, se observa en DigSilent	112
Imagen 17. Cargabilidad en las líneas del circuito 34 503.....	113
Imagen 18. Perfil de tensión 34 503	114
Imagen 19. Circuito georreferenciado 37 501	115
Imagen 20. Cargabilidad en las líneas del circuito 37 501	116
Imagen 21. Perfil de tensión 37 501	117
Imagen 22. Circuito georreferenciado 37 502	118
Imagen 23. Listado de líneas y su cargabilidad	119
Imagen 24. Perfil de tensión 37 502	120
Imagen 25. Circuito georreferenciado 37 503.....	121
Imagen 26. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 37 503	122
Imagen 27. Líneas sobrecargadas en el circuito 37 503.....	124
Imagen 28. Perfil de tensión 37 503	124

Imagen 29. Circuito georreferenciado 37 504	125
Imagen 30. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 37 504	126
Imagen 31. Perfil de tensión 37 504	127
Imagen 32. Circuito georreferenciado 41 501	128
Imagen 33. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 41 501	129
Imagen 34. Líneas sobrecargadas en el circuito 41 501.....	131
Imagen 35. Perfil de tensión 41 501	131
Imagen 36. Circuito georreferenciado 41 502.....	132
Imagen 37. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 41 502	133
Imagen 38. Perfil de tensión 41 502	134
Imagen 39. Circuito georreferenciado 41 503	135
Imagen 40. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 41 503	136
Imagen 41. Perfil de tensión 41 503	137
Imagen 42. Unifilar SDL 34.5 kV – SE Cabecera del llano	139
Imagen 43. Subestación Cabecera del llano al año 2019.....	140
Imagen 44. Unifilar SDL 34.5 kV – SE San Cristóbal.....	141
Imagen 45. Subestación San Cristóbal al año 2017	141
Imagen 46. Unifilar SDL 34.5 kV – SE La Granja	142
Imagen 47. Subestación La Granja al año 2019.....	143
Imagen 48. Listado de líneas y su cargabilidad al circuito 41 502	145
Imagen 49. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 41 503	146
Imagen 50. Listado de líneas y su cargabilidad del circuito 41 503 sin PP	148
Imagen 51. Perfil de tensión 41 503 con proyectos puntuales.....	149

LISTA DE MAPAS

	Pág.
Mapa 1. Suelos Suburbanos.....	75
Mapa 2. Suelos de expansión norte.....	77
Mapa 3. Suelos de expansión sur.....	78
Mapa 4. Unidades de gestión del PP HIPINTO	79
Mapa 5. Unidades de gestión del PP TABLANCA – Tabla de UG.....	81
Mapa 6. Unidades de gestión del PP TABLANCA	81
Mapa 7. Unidades de gestión del PP FCV.....	83
Mapa 8. Unidades de gestión del PP GUATIGUARÁ	86
Mapa 9. Unidades de gestión del PP RIO DEL HATO.....	87
Mapa 10. Suelo suburbano PP INDUSTRIAL	89
Mapa 11. Unidades de gestión del PP EL MOLINO	90
Mapa 12. Unidades de gestión del PP DISTRITO SUR.....	92
Mapa 13. Unidades de gestión del PP BARROBLANQUITO.....	96

LISTA DE ANEXOS
(Ver carpeta de anexos en el CD)

- Anexo A. Informe PIEDECUESTA-2010 A 2015-Clientes-KWH
- Anexo B. Análisis de la información Essa 2010 – 2015
- Anexo C. Proyección Piedecuesta 2016 – 2025
- Anexo D. Cálculo Beta Alpha óptimo SD
- Anexo E. Preferencia inicial de clientes por circuito 2012
- Anexo F. Planeación todos Consumo y KVA x Cliente Oficial 2012 ESSA
- Anexo G. KVA_instalación
- Anexo H. Distribución de clientes por circuito estadística corto plazo 2016-2025
- Anexo I. Proyectos residenciales de la base de datos CAMACOL
- Anexo J. Entrada de proyectos por año y por circuito CORTO PLAZO 2016 – 2018
- Anexo K. Potencia por tipo de usuario y por circuito corto plazo 2016-2018
- Anexo L. Planes parciales – áreas netas
- Anexo M. Potencial por plan
- Anexo N. Distribución de clientes por circuito y año mediano y largo plazo 2019-2025
- Anexo O. Distribución y potencias 2016 - 2025
- Anexo P. BD_SDL_13_02_2017-Piedecuesta

RESUMEN

TITULO: DIAGNÓSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA FRENTE A UN HORIZONTE DE PLANEACIÓN DE 2016 – 2025

AUTORES: GABRIEL EDUARDO BAUTISTA SÁNCHEZ
ANDRÉS ANTONIO RIVERA JAIMES
JOSE ALBERTO SALCEDO RUEDA **

PALABRAS CLAVE: Proyección espacial de la demanda, Resolución 025-1995 CREG, Crecimiento poblacional, Diagnóstico.

DESCRIPCION

En los últimos 5 años, el municipio de Piedecuesta Santander ha registrado un crecimiento demográfico importante que se ha reflejado en un aumento significativo en el número de instalaciones residenciales, comerciales, industriales y oficial, que se han establecido en el municipio.

Este crecimiento residencial, comercial, industrial y oficial, en el municipio trae consigo la necesidad de repotenciar la red eléctrica que garantice el suministro oportuno de energía eléctrica para los clientes futuros en cada uno de dichos sectores.

Por lo anterior, este trabajo de grado se planteó con el fin de realizar de un diagnóstico de la red de nivel de tensión II del sistema de distribución local del municipio de Piedecuesta, frente a una proyección espacial de demanda (PED) para el horizonte de planeación 2016-2025.

La metodología PED consiste en la proyección y distribución geográfica de la demanda con base en datos históricos del número de clientes, clasificados según su tipo en residencial, industrial, comercial y oficial (RICO); como también en proyectos de construcción futuros e instrumentos de planificación urbanística para un horizonte de planeación determinado; en el caso de este estudio, diez años

Los criterios de diagnóstico fueron los contemplados por la resolución 025 de 1995 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas. Los resultados obtenidos permitieron concluir que, dentro del horizonte de planeación, tres de los ocho circuitos del municipio deben ser intervenidos para que puedan atender la demanda de sus usuarios conectados.

* Trabajo de grado

** Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Dr. OSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA. Codirector: Dr. GUILLERMO ANDRÉS BELTRÁN MANTILLA.

ABSTRACT

TITLE: ELECTRIC DISTRIBUTION NETWORK'S DIAGNOSIS WITHIN THE PLANNING PERIOD OF TIME 2016-2025 IN PIEDECUESTA*

AUTHORS: GABRIEL EDUARDO BAUTISTA SÁNCHEZ
ANDRÉS ANTONIO RIVERA JAIMES
JOSE ALBERTO SALCEDO RUEDA**

KEY WORDS: Spatial demand projection, Resolution 025-1995 CREG, population growth, diagnosis.

DESCRIPTION

During the last five years, the town of Piedecuesta has shown a high population growth which has been evidenced in a significant increase in the number of construction commercial, industrial and residential projects that have been created in the town by different companies.

This study aimed at creating a diagnosis of the local distribution system's voltage level network II in Piedecuesta. This action was done by taking as a reference the spatial demand projection which corresponds to the planning period of time from 2016 to 2025. The diagnosis criteria used in this study was the one provided by the *resolution 025 - 1995* from the *Comisión de Regulación de Energía y Gas* (CREG).

In order to create the spatial demand projection, this study used a methodology based on the procedures followed in a similar study at *Universidad Nacional de Colombia - Medellín*, in the city of Bucaramanga. The analysis of the results provided the conclusion that three out of the eight circuits of Piedecuesta will not be able to match the criteria established by the resolution 025-1995 during the planning period of time (2016-2025). Taking this into account, it must be said that those three circuits need to be modified.

* Work degree

** Industrial University of Santander. Faculty of Mechanical Physics. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director: Dr. OSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA. Codirector: Dr. GUILLERMO ANDRÉS BELTRÁN MANTILLA.

INTRODUCCIÓN

La planificación de la infraestructura eléctrica es uno de los principales retos para las empresas distribuidoras de energía eléctrica, la cual está sujeta al crecimiento de los sectores residencial, comercial, industrial y oficial, principalmente en las ciudades. El proceso de planificación requiere de un diagnóstico del sistema de distribución local (SDL) frente a una demanda futura, con el fin de prever las necesidades y los momentos de intervención en el SDL para un determinado horizonte de planeación.

En los últimos 5 años, el municipio de Piedecuesta Santander ha registrado un crecimiento demográfico importante que se ha reflejado en un aumento significativo en el número de instalaciones residenciales, comerciales, industriales oficiales, que se han establecido en el municipio. Por ejemplo, en el 2015 entre los meses de enero y julio se licenciaron 58.734 metros cuadrados frente a 43.014 metros cuadrados en el mismo periodo del año anterior, el cual implica un crecimiento de 37% [13]

Este crecimiento residencial, comercial, industrial y oficial, en el municipio trae consigo la necesidad de repotenciar la red eléctrica que garantice el suministro oportuno de energía eléctrica para los clientes futuros en cada uno de dichos sectores. Para establecer las necesidades de infraestructura eléctrica, es indispensable realizar la proyección del consumo o de la demanda lo cual permitirá estimar las necesidades de repotenciación y/o expansión de la infraestructura eléctrica existente.

En este trabajo de grado, se realiza el diagnóstico de la red de distribución de nivel de tensión II del municipio de Piedecuesta, frente a un horizonte de planeación de diez años, correspondiente al periodo 2016-2025. La proyección de la demanda se

realiza con base en la metodología utilizada por la Universidad Nacional-sede Medellín en un estudio previo para ciudad de Bucaramanga en el año 2012. [1]

El diagnóstico de las redes se realiza con base en los resultados de la simulación de la potencia proyectada en cada uno de los ocho circuitos que componen el SDL de nivel de tensión II del municipio. La simulación se realizó mediante la herramienta DigSilent, y los criterios para el diagnóstico son los estipulados por la resolución 025 de 1995 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG 025 de 1995). Los resultados obtenidos indican que, dentro del horizonte de planeación, tres de los ocho circuitos del municipio van a presentar condiciones de operación no permitidas en dicha resolución.

El presente documento se estructura en siete capítulos, En el primer capítulo se plasma la metodología y procedimientos empleados para la proyección espacial de la demanda; el segundo capítulo consiste en el análisis de los datos de clientes históricos, los cuales se clasifican en residencial, comercial, industrial y oficial (RICO); el tercer capítulo contiene los subcapítulos, la proyección global de clientes para el horizonte de planeación, la preferencia inicial de asentamiento de clientes; el cálculo de potencia por instalación para cada tipo de cliente; los capítulos cuarto y quinto contienen la distribución de los resultados de la proyección de clientes y de potencia en cada uno de los circuitos para el mediano y largo plazo respectivamente. El capítulo sexto contiene los resultados de la simulación y el diagnóstico de las redes. Por último, se presentan las conclusiones y observaciones del presente estudio, junto con las referencias y anexos que soportan los resultados alcanzados.

1. METODOLOGÍA PARA LA PROYECCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA

La metodología de este estudio se basó en los procedimientos utilizados por la Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín en la *Proyección espacial de la demanda de potencia del área metropolitana de Bucaramanga 2013-2028*, basada a su vez en la metodología desarrollada por las Empresas Públicas de Medellín (EPM) al llevar a cabo la Proyección Espacial de la Demanda (PED) del Sistema de Distribución de Energía del Valle de Aburrá.

La metodología PED consiste en la proyección y distribución geográfica de la demanda con base en datos históricos del número de clientes, clasificados según su tipo en residencial, industrial, comercial y oficial (RICO); como también en proyectos de construcción futuros e instrumentos de planificación urbanística para un horizonte de planeación determinado; en el caso de este estudio, diez años. La aplicación de la metodología PED en el municipio de Piedecuesta consiste, inicialmente, en una proyección global de clientes por circuito, seguida de las proyecciones de demanda por circuito a corto, mediano y largo plazo, correspondientes a los periodos 2016-2018, 2019-2021 y 2022-2025, respectivamente.

La proyección global de clientes por circuito consiste en una proyección estadística de clientes para el horizonte de planeación de 10 años, 2016-2025, con base en los datos históricos del número de clientes durante el periodo 2010-2015, y en los datos del número de clientes por tipo y por circuito durante el periodo 2011-2012. La proyección de demanda por circuito a corto plazo corresponde a las cargas por circuito y por año que, se estima, entrarán al sistema de distribución local (SDL) durante los tres primeros años del horizonte de planeación, 2016-2018. Esto, basado en los resultados de la proyección global de clientes por circuito, y en una proyección determinística de clientes por tipo y por circuito, basada en los proyectos de construcción programados para entrar en operación

durante el corto plazo. La proyección de demanda por circuito a mediano plazo corresponde a las cargas por circuito y por año que, se estima, entrarán al SDL durante los tres años posteriores, 2019-2021, con base en los resultados de la proyección global de clientes por circuito, en información contenida en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), en los planes parciales y en los planes zonales. Finalmente, la proyección de demanda por circuito a largo plazo corresponde a las cargas por circuito y por año que, se estima, entrarán al SDL durante los cuatro últimos años del horizonte de planeación, 2022-2025, con base en los resultados de la proyección global de clientes por circuito.

Las proyecciones de demanda para el corto, mediano y largo plazo, se realizan con base en los resultados de una proyección global de clientes por circuito y una estimación de demanda por instalación para cada uno de los tipos de clientes RICO. Estos resultados se utilizan como datos de entrada en las proyecciones para cada uno de los plazos. A continuación, se describen los procedimientos para realizar los cálculos preliminares para la proyección de la demanda.

1.1 PROYECCIÓN GLOBAL DE CLIENTES POR CIRCUITO.

La proyección global de clientes por circuito corresponde al crecimiento estimado de clientes para el horizonte de planeación 2016-2025, con base en los datos históricos del número de clientes por año durante el periodo 2010-2015 y en los datos de clientes por tipo y por circuito durante el periodo 2011-2012. Estos datos se representan en pares ordenados (t, Y_t) , siendo t el año y Y_t el número de clientes. El procesamiento de estos datos consiste en aplicar la herramienta estadística para el análisis de series de tiempo y elaboración de pronósticos¹ a los mismos. Inicialmente, se realizan los pronósticos de *regresión de tendencia lineal* y *suavizamiento exponencial simple*, y luego se realiza el pronóstico de

¹ SWEENEY WILLAMS, Anderson. Estadística para negocios y economía, Anderson. Cengage Learning. 11ª Edición.

suavizamiento exponencial lineal de HOLT, el cual se ajusta de manera que quede acotado por los dos primeros. El pronóstico de Holt representa la proyección global de clientes. Finalmente, se determina la *preferencia inicial de clientes* con la finalidad de distribuir los clientes proyectados globalmente en cada uno de los circuitos.

1.1.1 Análisis de series de tiempo. Para llevar a cabo la caracterización de los datos históricos del número de clientes por año, es necesario definir el concepto de *serie de tiempo*. De acuerdo con Anderson, Sweeney y Williams (2011) es “una secuencia de observaciones en una variable que se mide en puntos sucesivos en el tiempo o sobre un periodo sucesivo”. Así mismo, los autores plantean que “las medidas pueden ser tomadas cada hora, día, semana, mes o año, o en cualquier otro intervalo regular”.

❖ **Patrones de las series de tiempo.** Como primer paso, antes de seleccionar el método para la elaboración del pronóstico, es necesario graficar la serie de tiempo, con la finalidad de identificar el patrón que ésta presenta. La gráfica muestra la relación entre el tiempo (eje horizontal) y las variables de serie de tiempo (eje vertical). Como lo plantean Anderson, Sweeney y Williams (2011), algunos patrones comunes son el horizontal, el de tendencia, el estacional, los de tendencia estacional, y el patrón cíclico. Vale la pena recalcar que la serie de tiempo utilizada en este estudio muestra un *patrón de tendencia*.

Patrón de tendencia. Se dice que existe un patrón de tendencia, cuando la gráfica de una serie de tiempo presenta “cambios o movimientos graduales hacia valores relativamente mayores o menores durante un periodo”². Aquella tendencia se produce a partir de factores a largo plazo. Por ejemplo, el

² SWEENEY WILLAMS, Anderson. Estadística para negocios y economía, Anderson. Cengage Learning. 11ª Edición.

aumento o la disminución de la población, y la variación de sus características demográficas, así como las preferencias de los consumidores.

❖ **Métodos de elaboración de pronósticos.** A continuación, se describen los métodos de elaboración de pronósticos utilizados en este estudio.

❖ **Regresión de tendencia lineal.** De acuerdo con Anderson, Sweeney y Williams (2011), el pronóstico *regresión de tendencia lineal* se realiza con base en el siguiente modelo:

$$T_t = b_0 + b_1 t \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

T_t = pronóstico de tendencia lineal en el periodo t

b_0 = intersección de la recta de tendencia lineal

b_1 = pendiente de la recta de tendencia lineal

t = periodo

A continuación, se presentan las fórmulas para calcular los coeficientes de regresión estimados b_0 y b_1 de la ecuación 1 (Anderson, Sweeney & Williams, 2011).

$$b_1 = \frac{\sum_{t=pp}^{up} t Y_t - (\sum_{t=pp}^{up} t \sum_{t=pp}^{up} T_t) / n}{\sum_{t=pp}^{up} t^2 - \frac{(\sum_{t=pp}^{up} t)^2}{n}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$b_0 = Y - b_1 t \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

Y_t = valor de la serie de tiempo para el periodo t

n = número de periodos (número de observaciones)

Y = valor promedio de la serie de tiempo

t = valor promedio de t

pp = primer periodo de la serie de tiempo.

up = último periodo de la serie de tiempo.

Para evaluar la validez de este pronóstico se calcula el *coeficiente de relación*.

❖ **Coeficiente de correlación r .** El coeficiente de correlación es una medida que describe la intensidad de la relación lineal entre dos variables x y y^3 , las cuales corresponden en este estudio a los datos de *años* y *clientes*, respectivamente. Según Anderson, Sweeney & Williams, 2011, el coeficiente de correlación se calcula de la siguiente manera.

$$r = \text{signo de } b_1 * \frac{STC - SCE}{STC} \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde:

b_1 = pendiente del modelo de regresión de tendencia lineal.

SCE = suma de cuadrados debidos al error.

STC = suma total de cuadrados.

A continuación, se presentan las fórmulas para calcular los valores de SCE y STC.

$$SCE = \sum_{t=pp}^{up} Y_t - T_t^2$$

$$STC = \sum_{t=pp}^{up} Y_t - Y^2$$

Donde:

Y_t = Valor de la serie de tiempo en el periodo t .

T_t = Valor del pronóstico de la serie de tiempo en el periodo t .

Y = Valor promedio de la serie de tiempo.

³ SWEENEY WILLAMS, Anderson. Estadística para negocios y economía, Anderson. Cengage Learning. 11ª Edición.

pp = primer periodo de la serie de tiempo.

up = último periodo de la serie de tiempo.

El coeficiente de correlación siempre estará entre -1 y +1. Un valor de -1 indica que las dos variables tienen una relación lineal perfecta en sentido negativo, es decir, hacen parte de una línea recta con pendiente negativa. Un valor de +1 indica que las dos variables tienen una relación lineal perfecta en sentido positivo, es decir, hacen parte de una línea recta con pendiente positiva. Los valores cercanos a 0 indican que las variables no están relacionadas linealmente.

❖ **Suavizamiento exponencial simple.** El suavizamiento exponencial simple utiliza un promedio ponderado de los valores de la serie de tiempo como pronóstico [2]. Este es un caso particular del método de promedio móvil ponderado, en el que se elige sólo un peso para la observación más reciente. Los pesos de los valores para los demás datos se calculan automáticamente y son más pequeños conforme las observaciones se vuelven más antiguas [2]. El suavizamiento exponencial simple corresponde al siguiente modelo:

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

F_{t+1} = pronóstico para el periodo $t + 1$ de la serie de tiempo

Y_t = valor real de la serie de tiempo en el periodo t

F_t = pronóstico para el periodo t de la serie de tiempo

α = constante de suavizamiento ($0 \leq \alpha \leq 1$)

Así como el coeficiente de correlación r , el *cuadrado medio debido al error* CME es otra medida de exactitud para los pronósticos de series de tiempo. Se aplicará esta medida al suavizamiento exponencial simple, como se muestra a continuación.

- ❖ **Cuadrado medio debido al error CME.** Según Anderson, Sweeney & Williams (2011), el CME se calcula de la siguiente manera.

$$CME = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t - F_t^2}{n}$$

Donde:

Y_t = valor de la serie de tiempo en el periodo t

F_t = pronóstico para el periodo t de la serie de tiempo

n = número de periodos de la serie de tiempo

- ❖ **Suavizamiento exponencial lineal de Holt.** Como lo plantean Anderson, Sweeney y Williams [2], el suavizamiento exponencial lineal de Holt es una versión de suavizamiento exponencial simple para pronosticar una serie de tiempo con tendencia lineal. Los pronósticos se obtienen mediante dos constantes de suavizamiento α y β , y los tres siguientes modelos:

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$b_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$F_{t+k} = L_t + b_t k \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

L_t = estimación del nivel de la serie de tiempo para el periodo t

b_t = estimación de la pendiente de la serie de tiempo para el periodo t

α = constante de suavizamiento para el nivel de la serie de tiempo

β = constante de suavizamiento para la pendiente de la serie de tiempo

F_{t+k} = pronóstico para el periodo k en el futuro

k = número de periodos próximos a pronosticar

La exactitud del pronóstico de Holt se determina con el CME que se mencionó en la sección anterior.

1.1.2 Preferencia inicial de asentamiento de clientes. Con base en los datos de clientes por año y por circuito durante el periodo 2011-2012 se determina la preferencia inicial de asentamiento de clientes, la cual muestra cómo se ha venido ocupando el territorio según se ha ido sumando clientes a cada circuito. Esta característica permite ubicar los clientes de la proyección global en cada uno de los circuitos del municipio, dando como resultado la proyección global de clientes por circuito y por año en el horizonte de planeación. Primero se calcula el delta de clientes por circuito, y luego se representa este delta en porcentaje.

❖ **Delta de clientes por circuito.** El delta de clientes corresponde a la diferencia entre la cantidad de clientes en un año determinado y la cantidad de clientes del año anterior. Esto se realiza para cada uno de los circuitos y por cada tipo de cliente.

$$\Delta_i = K_{i,n} - K_{i,n-1} \text{ (Ecuación 8)}$$

Donde:

Δ_i = delta de clientes para el circuito i .

$K_{i,n}$ = número de clientes en el circuito i para el año n .

$K_{i,n-1}$ = número de clientes en el circuito i para el año $n - 1$

❖ **Delta de clientes en porcentaje por circuito.** Para expresar el delta de clientes en porcentaje se aplica la siguiente ecuación.

$$\% \Delta_i = \frac{\Delta_i}{\Delta_i} \times 100\% \text{ (Ecuación 9)}$$

Donde:

$\% \Delta_i$ = delta de crecimiento en porcentaje de clientes para el circuito i .

Δ_i = sumatoria de los deltas de todos los circuitos.

Los valores $\% \Delta_i$ son la *preferencia inicial de asentamiento de clientes*, y permiten ubicar los clientes proyectados globalmente en cada uno de los circuitos del municipio de Piedecuesta de la siguiente manera:

$$C_{i,k} = F_{t+k} * \% \Delta_i \text{ (Ecuación 10)}$$

Donde:

$C_{i,k}$ = clientes proyectados en el circuito i para el año k

F_{t+k} = proyección de clientes de Holt en el año k

$\% \Delta_i$ = preferencia inicial de asentamiento de clientes en el circuito i

Este cálculo se realiza para cada tipo de cliente. El resultado final es la proyección global de clientes por circuito para el horizonte de planeación 2016-2015.

1.1.3 Potencia en kVA por instalación para cada tipo de usuario. El cálculo de la potencia en kVA para cada instalación según el tipo de usuario se realiza con base en los datos correspondientes al número de clientes por circuito y por tipo de usuario, y a la demanda máxima por circuito y por tipo de usuario para el mes de diciembre del año 2012. El procedimiento consiste en dividir el número de usuarios según su tipo entre su correspondiente demanda máxima.

1.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA POR CIRCUITO A CORTO PLAZO.

La proyección de la demanda por circuito a corto plazo corresponde a las cargas en kVA que, se estima, entrarán al SDL durante los tres primeros años del horizonte de planeación, 2016-2018. Como primer paso se realiza la proyección de demanda residencial, seguido de la proyección de las demandas industrial, comercial y oficial.

1.2.1 Proyección de la demanda residencial a corto plazo. La proyección de la demanda residencial a corto plazo se realiza con base en dos tipos de proyecciones: estadística y determinística.

- ❖ **Proyección estadística de clientes residenciales a corto plazo.** La proyección estadística que se utilizará corresponde a los resultados de la proyección global de clientes por circuito de los tres primeros años, 2016-2018, del horizonte de planeación.
- ❖ **Proyección determinística de clientes residenciales a corto plazo.** La proyección determinística se realiza con base en información suministrada por La Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) y por las constructoras a cargo de proyectos de vivienda en el municipio de Piedecuesta. Esta información muestra en detalle los proyectos que, se estima, entrarán en operación durante los tres primeros años del horizonte de planeación.
- ❖ **Proyección vegetativa de clientes residenciales a corto plazo.** La proyección vegetativa corresponde a la diferencia entre la proyección estadística y la proyección determinística por cada año. Sólo se considerarán los valores positivos. Éstos representan el aporte del pronóstico de Holt a la proyección de la demanda residencial a corto plazo. En los periodos donde se presenten valores negativos se descarta el pronóstico de Holt, considerando únicamente la proyección determinística.

1.2.2 Proyección de la demanda comercial, industrial y oficial a corto plazo. La proyección de la demanda comercial e industrial a corto plazo se realiza con base en dos tipos de proyecciones: estadística y determinística.

- ❖ **Proyección estadística de clientes comerciales, industriales y oficiales a corto plazo.** La proyección estadística que se utilizará corresponde a los resultados de la proyección global de clientes por circuito de los tres primeros años, 2016-2018, del horizonte de planeación.
- ❖ **Proyección determinística de clientes comerciales e industriales a corto plazo.** La proyección determinística de clientes no residenciales se realiza con base en información suministrada por la Electrificadora de Santander (ESSA) sobre solicitudes hechas por dichos clientes.
- ❖ **Proyección vegetativa de clientes comerciales e industriales a corto plazo.** La proyección vegetativa corresponde a la diferencia entre la proyección estadística y la proyección determinística por cada año. Sólo se considerarán los valores positivos. Éstos representan el aporte del pronóstico de Holt a la proyección de la demanda no residencial a corto plazo. En los periodos donde se presenten valores negativos se descarta el pronóstico de Holt, considerando únicamente la proyección determinística.

1.3 DISTRIBUCIÓN POR CIRCUITO A MEDIANO Y LARGO PLAZO DE LOS CLIENTES PROYECTADOS GLOBALMENTE

La distribución de clientes proyectados globalmente en cada uno de los circuitos para el mediano y largo plazo se realiza en tres fases. Inicialmente se determina la preferencia inicial de asentamiento de clientes proyectados, con base en los resultados de la proyección de clientes por circuito a corto plazo (2016-2018). Luego se realiza la distribución de clientes residenciales proyectados globalmente en cada uno de los circuitos, con base en la preferencia inicial de asentamiento de clientes proyectados, en el pronóstico de Holt para clientes residenciales y en el potencial de ocupación del territorio, estipulado en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de Piedecuesta. Finalmente, realiza

la distribución de los clientes comerciales, industriales y oficiales proyectados globalmente en cada uno de los circuitos, con base en la preferencia inicial de asentamiento de clientes proyectados y en los resultados del pronóstico de Holt para clientes comerciales e industriales.

1.3.1 Preferencia inicial de clientes proyectados. La preferencia inicial de asentamiento de clientes para esta sección corresponde al promedio de la diferencia entre los clientes proyectados para el 2018 y los clientes proyectados para el 2016. Este cálculo se realiza para cada tipo de cliente en cada uno de los circuitos. A continuación, se presenta la ecuación para el cálculo de la preferencia inicial de clientes.

$$\Delta_i = \frac{C_{f,i} - C_{0,i}}{3} \text{ (Ecuación 12)}$$

Donde:

$C_{f,i}$ = clientes proyectados para el año 2018 en el circuito i

$C_{0,i}$ = clientes proyectados para el año 2016 en el circuito i

Δ_i = preferencia inicial de clientes proyectados

1.3.2 Distribución por circuito en el mediano y largo plazo de los clientes residenciales proyectados globalmente. Esta distribución de clientes se realiza con base en los resultados de la proyección global de clientes residenciales (pronóstico de Holt para clientes residenciales), en los resultados de la proyección de clientes residenciales por circuito a corto plazo, y en el potencial de ocupación del territorio, estipulado en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de Piedecuesta. A continuación, se describen los procedimientos para la distribución de clientes residenciales.

❖ **Primera distribución de los clientes residenciales proyectados globalmente.** Para realizar la primera distribución de clientes se calcula el

porcentaje de ocupación del territorio, seguido de la asignación de los circuitos a las zonas de la curva de Gompertz y el cálculo del factor de Gompertz para cada uno de los mismos. Luego, se corrige la preferencia inicial de clientes proyectados, y se realiza la primera distribución de los clientes proyectados globalmente. Con base en esta distribución de clientes, y en el potencial de ocupación del territorio, se realiza la verificación del tope de potencial de clientes totales, la cual permite observar si existen circuitos que presenten mayor cantidad de clientes distribuidos en comparación al potencial del territorio.

- ❖ **Porcentaje de ocupación del territorio.** El cálculo del porcentaje de ocupación del territorio se realiza de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\%Oc = \frac{\text{total de clientes}}{\text{total de clientes} + \text{potencial de territorio} + TV} \text{ (Ecuación 12)}$$

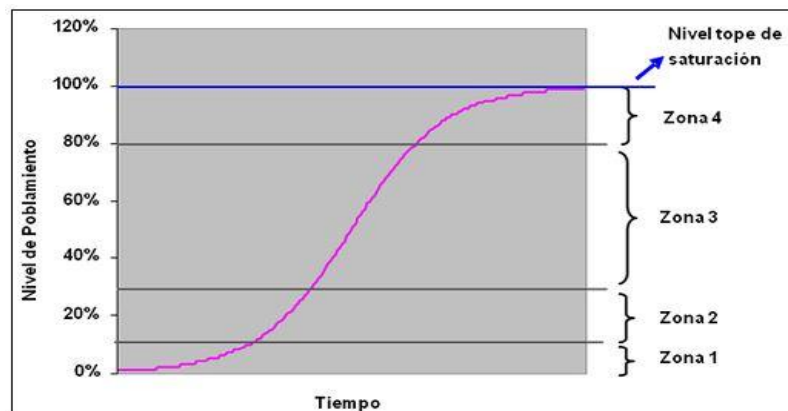
Donde:

Si existe redensificación: TV = redensificación

De lo contrario: TV = preferencia inicial multiplicado por dos [1]

- ❖ **Curva de Gompertz.** Esta curva representa el nivel de saturación en función del crecimiento de la población ver Imagen 1.

Imagen 1. Curva de Gompertz



Fuente: Tomado de [1]

Dependiendo de la zona en la que se encuentre así se le aplicara su factor de corrección (ver imagen 2) y con el asignándole un índice de apremio para los terrenos más atractivos para la construcción de nuevas viviendas.

❖ **Factor de Gompertz**

Imagen 2. Factores de corrección Gompertz

Factor corrección Gompertz en función del poblamiento						
BLA	Nivel de Poblamiento Z	Asentamiento	Formula	% Ocupación del territorio	Clasificación Zona curva Gompertz	Factor corrección Gompertz
4	Z >80%	Se desacelera	$5-5*Z$	85%	Z4	0,75
3	Z > 30% y <=80%	Constante	1	40%	Z3	1
2	Z >10% y <= 30%	Se acelera	$1,5*Z+0,85$	25%	Z2	1,23
1	Z <=10%	Constante	1	9%	Z1	1

Fuente: Documento general proyección espacial de la demanda de potencia del área metropolitana de Bucaramanga – SDL de ESSA 2013 – 2028, Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín, 7 de octubre 2013.

❖ **Corrección de la preferencia inicial de asentamiento de clientes proyectados.** Esta corrección se realiza multiplicando la preferencia inicial de asentamiento de clientes proyectados por el factor Gompertz.

❖ **Verificación del tope del potencial de ocupación del territorio.** La verificación se realiza comparando la cantidad de clientes distribuidos con el potencial de ocupación del territorio. En los circuitos donde los clientes distribuidos excedan el potencial del territorio, se deja el valor del potencial del territorio. Adicionalmente, se calcula la diferencia entre las dos cantidades comparadas en cada uno de los circuitos, se suman estos valores, los cuales son el objeto de la segunda distribución de clientes. En los circuitos donde sea el potencial del territorio el que exceda los clientes distribuidos, se deja este

último valor. Si todos los circuitos presentan esta última situación, no se hace necesaria una segunda distribución de clientes.

- ❖ **Segunda distribución de los clientes proyectados globalmente.** El objeto de la segunda distribución de clientes es la suma de las diferencias entre clientes distribuidos y potencial de ocupación del territorio en cada uno de los circuitos.

Para la distribución del potencial de clientes a largo plazo se repite la metodología, pero se considera el nuevo potencial del territorio, el cual sería el potencial del territorio en el año 2019 menos la distribución realizada en el 2021.

1.3.3 Distribución por circuito en el mediano y largo plazo de los clientes comerciales, industriales y oficiales proyectados globalmente. La distribución por circuito en el mediano y largo plazo de los clientes comerciales e industriales proyectados globalmente, se realiza con base en los resultados del pronóstico de Holt para tipos de clientes mencionados, y en los resultados de la preferencia inicial de clientes proyectados.

2. ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS: CLIENTES 2010 - 2015, CLASIFICADOS POR TIPO DE CLIENTES

La ESSA actualmente cuenta con información histórica sobre la cantidad de clientes presentes en Piedecuesta para los años 2010 al 2015, clientes que se clasifican en urbanos y rurales; y por tipo de cliente (Residencial A, Residencial B, Comercial, Industrial, oficial y Alumbrado Público).

2.1 CLIENTES HISTÓRICOS 2010 – 2015

Se cuenta con información histórica de clientes del municipio con datos anuales sobre la cantidad de clientes por tipo de usuario (Residencial A (estratos 1-3), Residencial B (estrato 4-6), Comercial, Industrial, Oficial y Alumbrado público), Para los años 2010 al 2015, para un histórico de 6 años. Dicha información se reporta en el ANEXO A.

En la Tabla 1, se presenta el resumen con el total de clientes por tipo de usuario en los últimos 6 años. Esta información incluye tanto a los clientes urbanos como a los clientes rurales presentes dentro del municipio.

Tabla 1. Clientes históricos 2010 - 2015

Año	Residencial		Comercial	Industrial	Oficial	Alumbrado Publico
	Res. A	Res. B				
2010	29696	1805	1880	294	126	34
2011	31501	2056	2051	309	114	33
2012	33347	2194	2229	346	118	43
2013	35125	2309	2383	365	119	53
2014	37752	2463	2599	395	127	65
2015	39297	2635	2764	412	127	70

Fuente: Modificado de Inf.PIEDECUESTA-2010 A 2015-Clientes-KWH. Anexo A.

De la Tabla 1, los clientes Residenciales tipo A (estrato 1-3) y tipo B (estrato 4-6), se tendrá en cuenta como un solo usuario ya que la preferencia inicial de clientes esta para todos los estratos, es decir clientes Residenciales Tipo A mas Tipo B, y los clientes que aparecen en la columna de “Alumbrado Público” no se tendrán en cuenta para la proyección global de clientes, considerando que no se cuenta con datos históricos por circuito ni consumo de esos clientes.

En la Tabla 2. Se observa los diferentes tipos de clientes definitivos que servirán de base para el desarrollo del PED y la Proyección de demanda.

Tabla 2. Clientes totales 2010 - 2015

Año	Residencial	Comercial	Industrial	Oficial
2010	31501	1880	294	126
2011	33557	2051	309	114
2012	35541	2229	346	118
2013	37434	2383	365	119
2014	40215	2599	395	127
2015	41932	2764	412	127

2.2 CRECIMIENTO HISTÓRICO DE CLIENTES 2010 – 2015

El propósito de esta sección es conocer las instalaciones nuevas anuales, para ellos se obtiene el delta para cada año y luego se obtiene el promedio de los deltas, ese valor es el promedio de instalaciones nuevas por año. El siguiente anexo B cuenta con la información de deltas anuales para cada cliente y el promedio anual de instalaciones nuevas.

2.2.1 Crecimiento histórico de clientes Residenciales y Comerciales. En la Tabla 3, Se observa un crecimiento promedio de 2086 viviendas nuevas por año,

de igual forma los clientes comerciales presentan un crecimiento de 177 locales nuevos.

Tabla 3. Crecimiento de clientes Residenciales y Comerciales

Año	Incremento Residencial	Año	Incremento Comercial
2010		2010	
2011	2056	2011	171
2012	1984	2012	178
2013	1893	2013	154
2014	2781	2014	216
2015	1717	2015	165
Promedio 2010 - 2016	2086	Promedio 2010 - 2015	177

De la anterior tabla, los dos tipos de clientes presentan un crecimiento normal, se dice normal cuando no se presentan deltas negativos.

2.2.2 Crecimiento histórico de clientes Industriales y Oficiales. En la Tabla 4, Se observa un crecimiento promedio de 24 clientes Industriales por año, los clientes industriales presentan un crecimiento normal. Los clientes oficiales presentan un crecimiento promedio de 1 cliente por año, esto se debe que para los años 2011 – 2010 hubo una disminución de clientes oficiales de 12 unidades y para los años 2015 – 2014 no se presentaron usuarios oficiales nuevos.

Tabla 4. Crecimiento de clientes Industriales y Oficiales

Año	Incremento Industrial	Año	Incremento Oficial
2010		2010	
2011	15	2011	-12
2012	37	2012	4
2013	19	2013	1
2014	30	2014	8
2015	17	2015	0
Promedio 2010 -2015	24	Promedio 2010 -2015	1

En la Tabla 4. Crecimiento de clientes Industriales y Oficiales, se observa una disminución de clientes oficiales para los años 2011 – 2010, para lo cual no es posible ya que los clientes energéticos tienden a presentar un crecimiento o mantenerse constante para cada periodo, para dar solución a este problema, es tomar el valor del año 2011 y restarle un cliente, para así se mantiene un crecimiento para cada año por lo cual el valor de clientes oficiales es de 113 para el año 2011 y con un crecimiento anual de 3 clientes oficiales.

3. CALCULOS PRELIMINARES PARA LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Estos cálculos servirán como base para la proyección de la demanda en todo el horizonte de la planeación; solo la preferencia inicial de clientes se actualizará en el medio plazo y tener un valor más actual con la ayuda de la proyección determinística y estadística del corto plazo.

3.1 PROYECCIÓN GLOBAL DE CLIENTES

Para la realización de esta sección se cuenta con información de los datos históricos del número de clientes por año, por tipo de cliente y por circuitos suministrada por la Electrificadora de Santander (ESSA epm). A continuación, se presenta dicha información y su debida proyección usando los métodos de pronóstico.

3.1.1 Datos iniciales para la Proyección Global de Clientes. La ESSA suministró información de datos históricos para los años 2010 al 2015, para un total de 6 períodos históricos. Dicha información se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5. Clientes 2010 - 2015

Año	Residencial	Comercial	Industrial	Oficial
2010	31501	1880	294	113
2011	33557	2051	309	114
2012	35541	2229	346	118
2013	37434	2383	365	119
2014	40215	2599	395	127
2015	41932	2764	412	127

En la Tabla 5. Clientes 2010 - 2015, Se observa que el valor de los clientes oficiales para el año 2010 se cambió por 113.

En el ANEXO D, está el programa para la obtención de las constantes de suavizamiento doble óptimas que minimice el CME.

3.1.2 Resultados de la Proyección de Holt. En el ANEXO C, esta toda la fundamentación MATEMÁTICA y formulación para el desarrollo de las metodologías. Se realiza la estimación de las tres líneas de proyección (Lineal, S. Simple y S. Doble) y su debida metodología, La proyección global de clientes estima los clientes para los años 2016 al 2025.

3.1.3 Resultados y análisis de la Proyección Global de Clientes 2016-2025.

Después de hacer la proyección de clientes por tipo de usuario para el periodo de planeación (2016 – 2025), A continuación, se analizan los resultados obtenidos por tipo de usuario y la debida distribución de usuarios por circuito.

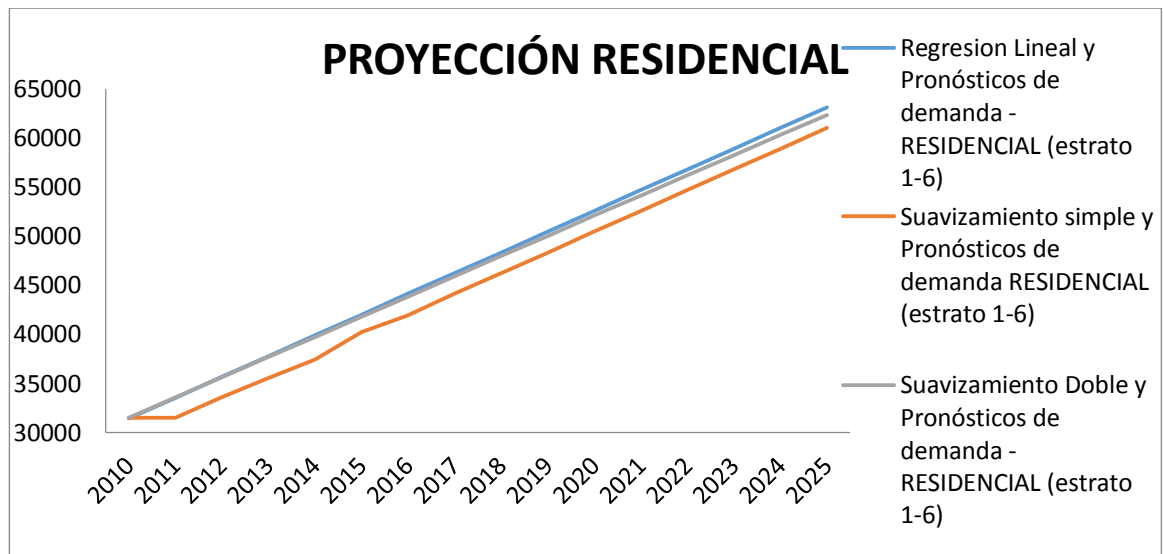
❖ **Resultado de la proyección de clientes Residenciales.** En la Tabla 6, Se presentan los clientes actuales y proyectados, las constantes de suavizamiento simple y doble, la exactitud de la regresión de tendencia lineal y los errores cuadráticos medios (CME).

El ECM es la diferencia del valor real menos el pronóstico elevado al cuadrado dividido entre el número de periodos, por tal motivo se obtiene un valor alto como se muestra en la Tabla 6. Resultado de la Proyección Holt, Clientes Residenciales, es simplemente un valor que se ajusta con las constantes de suavizamiento para obtener el mínimo posible.

Tabla 6. Resultado de la Proyección Holt, Clientes Residenciales

Proyección Global de Clientes – RESIDENCIAL						
Año	Actual	Año	Pronóstico	Constantes de Suavizamiento		Exactitud
2010	31501	2016	43837	S. Simple		S. Simple
2011	33557	2017	45893	Alpha		ECM
2012	35613	2018	47949	1,00		4485778
2013	37669	2019	50005	S. Doble		S. Doble
2014	39725	2020	52061	Alpha	Betta	ECM
2015	41781	2021	54117	0,001	0,001	64704,41971
		2022	56173			Lineal
		2023	58229			Correlación
		2024	60285			0,9984
		2025	62341			

Grafica 1. Proyección de clientes Residenciales



En la Grafica 1. Proyección de clientes Residenciales Presenta la proyección a lo largo del periodo de planeación, Se observa que el comportamiento de la serie de

datos de los clientes Residenciales es aceptable porque presenta el mínimo error (ECM) y la línea de suavizamiento doble (Holt) queda acota entre las otras dos tendencias.

- ❖ **Resultado de la proyección de clientes Comerciales.** En la Tabla 7, Se presenta los clientes actuales y proyectados, las constantes de suavizamiento simple y doble, la exactitud de la regresión de tendencia lineal y los errores cuadráticos medios.

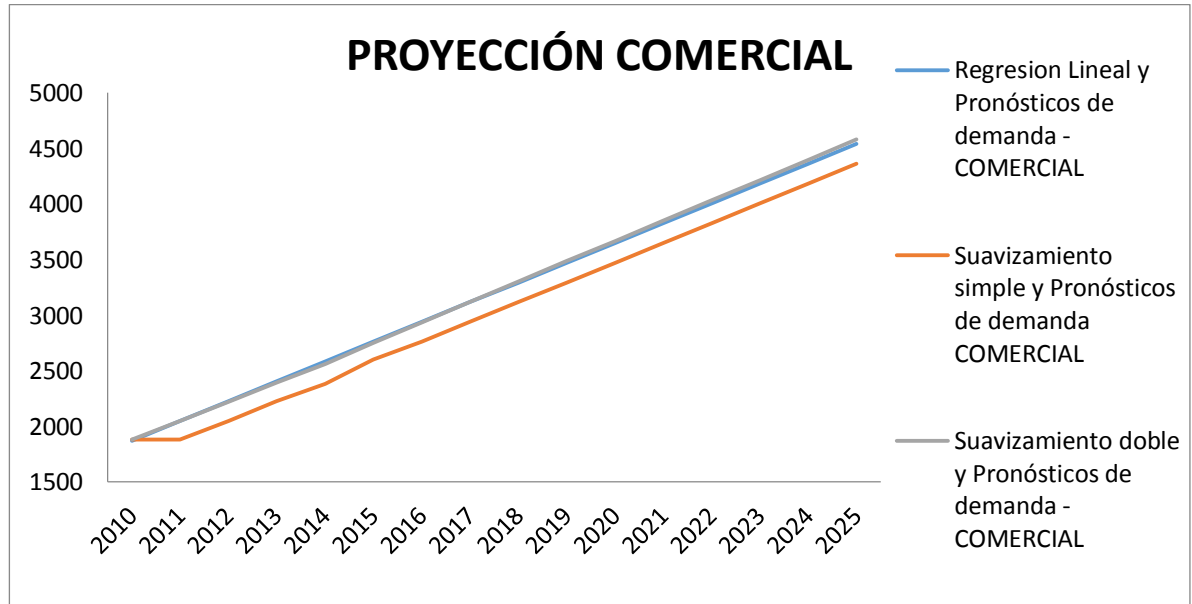
Tabla 7. Resultado de la Proyección Holt, Clientes Comerciales

Proyección Global de Clientes – COMERCIAL						
Año	Actual	Año	Pronóstico	Constantes de Suavizamiento		Exactitud
2010	1880	2016	2937	S. Simple		S. Simple
2011	2051	2017	3120	Alpha		ECM
2012	2222	2018	3302	1,00		31704
2013	2397	2019	3485	S. Doble		S. Doble
2014	2562	2020	3668	Alpha	Betta	ECM
2015	2751	2021	3850	0,271	1,000	350,68870
		2022	4033			Lineal
		2023	4215			Correlación
		2024	4398			0,9993
		2025	4580			

La correlación lineal, es un valor entre cero - uno y lo que indica es la relación entre la regresión lineal y los puntos de la serie de tiempo. Dicha correlación para todos los tipos de clientes estuvo por encima del 95 % lo cual es bastante confiable, como se muestra en la Tabla 7. Resultado de la Proyección Holt,

Clientes Comerciales, se obtuvo una correlación del 99% lo cual es bastante confiable.

Grafica 2. Proyección de clientes Comerciales



Se observa en la Grafica 2. Proyección de clientes Comerciales, que la tendencia del suavizamiento doble se salió de la acotación entre la lineal y el suavizamiento simple, lo cual demuestra que la serie de datos marca su propia tendencia. Esta curva se puede ajustar en medio de la acotación, pero con otros valores de alpha y beta, pero no se cumple con el criterio de CME, entonces la proyección es confiable ya que se tiene el mínimo CME.

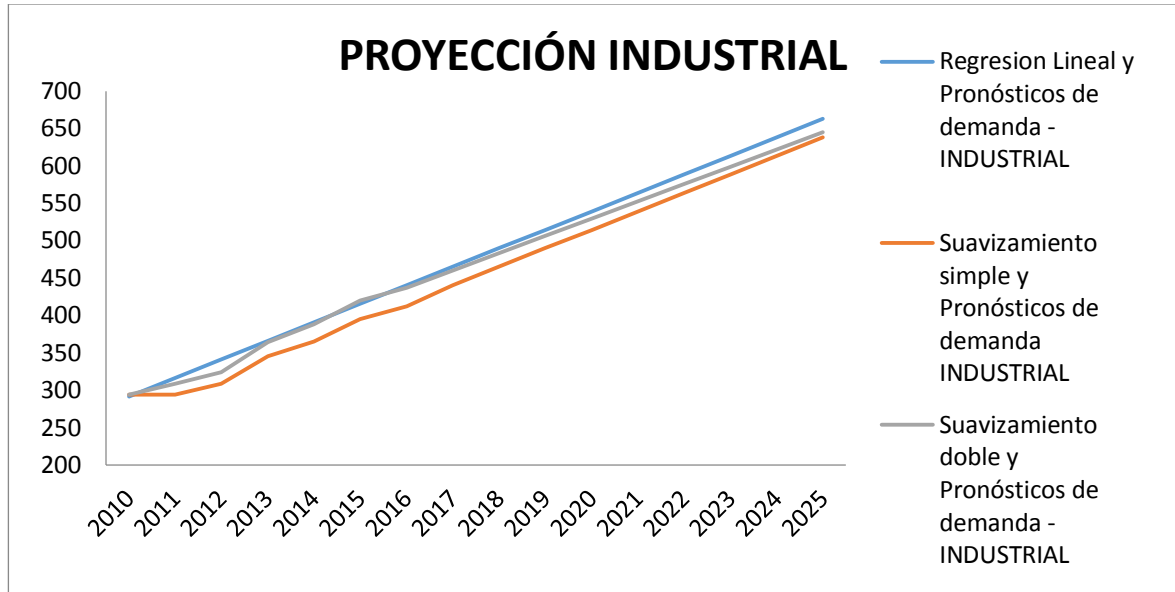
❖ **Resultado de la proyección de clientes Industriales.** En la Tabla 8, Se presenta los clientes actuales y proyectados, las constantes de suavizamiento simple y doble, la exactitud de la regresión de tendencia lineal y los errores cuadráticos medios.

Tabla 8. Resultado de la Proyección Holt, Clientes Industriales

Proyección Global de Clientes – INDUSTRIAL						
Año	Actual	Año	Pronóstico	Constantes de Suavizamiento		Exactitud
2010	294	2016	437	S. Simple		S. Simple
2011	309	2017	460	Alpha		ECM
2012	346	2018	483	1,00		629
2013	365	2019	506	S. Doble		S. Doble
2014	395	2020	529	Alpha	Betta	ECM
2015	412	2021	553	0,780	0,489	116,99023
		2022	576			Lineal
		2023	599			Correlación
		2024	622			0,9947
		2025	645			

Las constantes de suavizamiento alpha y betta, se obtienen del programa de MatLab con el criterio de CME. En la literatura afirma que para cualquier valor entre cero y uno es aceptable el pronóstico con esta afirmación se puede hacer millones de combinaciones para alpha y betta, pero con el criterio de CME se obtiene una sola combinación y es la que menor error presenta, en la Tabla 8. Resultado de la Proyección Holt, Clientes Industriales, se presenta la combinación de alpha y betta que minimizan el error bajo el criterio de CME.

Grafica 3. Proyección de clientes Industriales.



En la Grafica 3. Proyección de clientes Industriales., se observa la proyección de clientes industriales, esta proyección es aceptable ya que al final del periodo de planeación queda acotada entre las dos líneas de tendencia y presenta el mínimo error.

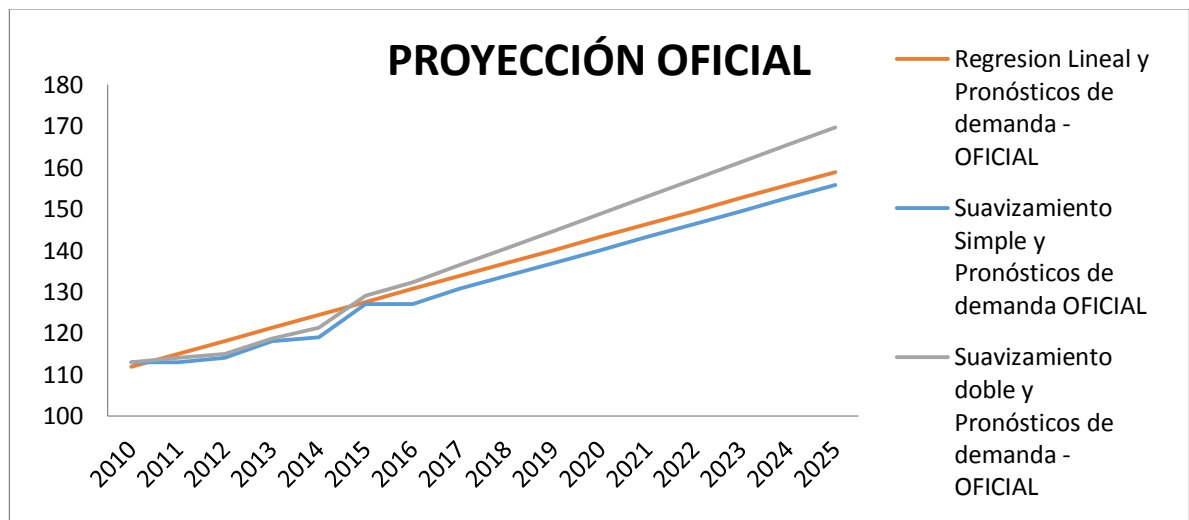
❖ **Resultado de la proyección de clientes Oficiales.** En la Tabla 9, Se presenta los clientes actuales y proyectados, las constantes de suavizamiento simple y doble, la exactitud de la regresión de tendencia lineal y los errores cuadráticos medios.

Tabla 9. Resultado de la Proyección Holt, Clientes Oficiales

Proyección Global de Clientes - OFICIAL						
Año	Actual	Año	Pronóstico	Constantes de Suavizamiento		Exactitud
2010	113	2016	132	S. Simple		S. Simple
2011	114	2017	136	Alpha		ECM
2012	118	2018	141	1,00		16
2013	119	2019	145	S. Doble		S. Doble
2014	127	2020	149	Alpha	Betta	ECM
2015	127	2021	153	0,457	1,000	9,00282
		2022	157			Lineal
		2023	161			Correlación
		2024	165			0,9606
		2025	170			

Se observó en todas las proyecciones anteriores que el valor de alpha para el suavizamiento simple es uno. Dicho valor es el que menor error presenta para esta metodología.

Grafica 4. Proyección de clientes Oficiales



En esta Grafica 4, se observa que la línea de tendencia de Holt se salió de la acotación entre la lineal y la suavizamiento simple, y además de eso marca su propia tendencia. Pero esta grafica es la que menor error presenta con los valores de alpha y betta, se decide dejar esta gráfica y conservar el menor error de CME.

3.2 PREFERENCIA INICIAL DE CLIENTES

El propósito es determinar a nivel de circuito la “Preferencia inicial de asentamiento de clientes en el municipio”. En otras palabras, determinar en porcentaje cuales circuitos presentan un mayor grado de asentamiento que otros. Actualmente la ESSA no cuenta con información histórica de clientes por circuito para los años 2015 – 2014 necesaria para obtener la preferencia inicial de clientes, para dar solución se optó por tomar información de la consultoría reportada en [1] que contiene la información histórica de clientes por circuito para los años 2012 – 2011 y por tipo de cliente, Residenciales, Comerciales, Industrial y Oficial.

Las informaciones de estos procedimientos se encuentran detallados en el anexo E que se encuentra en el CD adjunto.

3.2.1 Preferencia Inicial de Clientes Residenciales 2011 – 2012. La preferencia inicial de clientes Residenciales muestra como se ha venido ocupando el territorio históricamente por viviendas, como un efecto del poblamiento por cada circuito. El valor resultante indica el porcentaje de la cantidad de usuarios Residenciales anuales entre los años 2011 – 2012, que se han venido asentando en el circuito, este porcentaje depende del mercadeo de las viviendas, costos de construcción, áreas construidas, equipamiento urbano, movilidad y capacidad de compra de los clientes.

Piedecuesta presento un crecimiento anual de 1823 viviendas para los años 2012 – 2011, dentro de los ocho (8) circuitos que alimentan al municipio.

En la Tabla 10, se observa los circuitos, datos históricos 2011 – 2012, delta de viviendas 2012 y porcentaje de la preferencia inicial de clientes.

Tabla 10. Preferencia inicial de clientes Residenciales 2011 - 2012

Preferencia inicial de clientes Residenciales por circuito al 2012				Delta de Viviendas 2012	Porcentaje de preferencia inicial de Viviendas 2012
Circuito 13.2 kV	Nombre	2011	2012		
34 503	Cabecera 3	2816	2906	90	4,96%
37 501	San Cristóbal 1	3209	3463	254	13,99%
37 502	San Cristóbal 2	3939	4083	144	7,93%
37 503	San Cristóbal 3	6477	7050	573	31,57%
37 504	San Cristóbal 4	1025	1048	23	1,27%
41 501	Granja 1	6714	7153	439	24,19%
41 502	Granja 2	5046	5232	186	10,25%
41 503	Granja 3	1359	1465	106	5,84%
TOTAL DE CLIENTES		30585	32400	1815	100,00%

De la tabla anterior se observa que el circuito de cabecera del llano es donde mayor crecimiento presentado en los últimos años.

3.2.2 Preferencia Inicial de Clientes Comerciales 2011 – 2012. La preferencia inicial de clientes muestra el crecimiento que ha tenido los clientes comerciales para los años 2012 – 2011 y como se ha venido ubicando en el territorio históricamente, como un efecto del poblamiento por cada circuito.

El valor resultante indica el porcentaje de la cantidad de clientes comerciales anuales entre los años 2011 – 2012, que se han venido asentando en el circuito,

este porcentaje depende de la ubicación del local, mercadeo, movilidad y capacidad de compra de los clientes.

Piedecuesta presento un crecimiento anual de 164 locales comerciales para los años 2012 – 2011, dentro de los ocho (8) circuitos que alimentan al municipio.

En la Tabla 11, se observa los circuitos, datos históricos 2011 – 2012, delta de viviendas 2012 y porcentaje de la preferencia inicial de clientes.

Tabla 11. Preferencia inicial de clientes Comerciales 2011 - 2012

Preferencia inicial de clientes Comerciales por circuito al 2012				Delta de comerciales 2012	Porcentaje de preferencia inicial de Comerciales 2012
Circuito 13.2 kV	Nombre	2011	2012		
34 503	Cabecera 3	129	134	5	3,05%
37 501	San Cristóbal 1	60	63	3	1,83%
37 502	San Cristóbal 2	66	81	15	9,15%
37 503	San Cristóbal 3	384	438	54	32,93%
37 504	San Cristóbal 4	38	38	0	0,00%
41 501	Granja 1	1039	1102	63	38,41%
41 502	Granja 2	181	200	19	11,59%
41 503	Granja 3	27	32	5	3,05%
TOTAL DE CLIENTES		1924	2088	164	100,00%

De la tabla anterior, El circuito 37 503 es el que presenta un crecimiento mayor de locales, ya que este circuito está ubicado en cabecera del llano y el centro del municipio es donde mayor crecimiento ha presentado en los últimos años.

3.2.3 Preferencia Inicial de Clientes Industriales 2011 – 2012. El valor resultante indica el porcentaje de la cantidad de industrias nuevas entre los años

2011 – 2012, que se han venido asentando en el circuito, este porcentaje depende de la ubicación de la industria, mercadeo, movilidad y capacidad de compra de los clientes.

En la siguiente Tabla 12, en la columna de “crecimiento de clientes por circuito 2012 – 2011” se observa unos valores negativos marcados en rojo, dicho valor representa una disminución de clientes, para dar solución a este problema la ESSA – EPM en el documento de consultoría [2], toma el valor negativo y lo reemplazo por uno (1) para así tener la confianza de que para los próximos años haya al menos un cliente nuevo.

Tabla 12. Preferencia inicial de clientes Industriales 2011 - 2012

Preferencia inicial de clientes Industriales por circuito al 2012				Crecimiento de clientes por circuito 2012 - 2011	Delta de Industrias 2012	Porcentaje de preferencia inicial de Industrias
Circuito 13.2 kV	Nombre	2011	2012			
34 503	Cabecera 3	6	6	0	0	0,00%
37 501	San Cristóbal 1	5	5	0	0	0,00%
37 502	San Cristóbal 2	67	61	-6	1	5,88%
37 503	San Cristóbal 3	18	17	-1	1	5,88%
37 504	San Cristóbal 4	27	31	4	4	23,53%
41 501	Granja 1	39	48	9	9	52,94%
41 502	Granja 2	11	12	1	1	5,88%
41 503	Granja 3	18	16	-2	1	5,88%
TOTAL DE CLIENTES		191	196	5	17	100,00%

De la tabla anterior, El circuito 41 501 es el circuito que mayor crecimiento presenta, ya que este circuito está ubicado en la zona industrial de Piedecuesta en el sector conocido como Guatiguará.

3.2.4 Preferencia Inicial de Clientes Oficiales 2012 – 2013. Para la preferencia inicial de clientes oficiales, se tiene información de clientes por circuito de los años 2012 y 2015, no se cuenta histórica para el 2011 ni para el 2014 para poder obtener la preferencia de dos años consecutivos, para dar una solución se utilizó estadística para obtener el valor estimado para el año 2013, en la siguiente Tabla 13, se presenta la debida distribución de clientes oficiales en los años 2013 y 2014.

Tabla 13. Ajuste de la preferencia inicial de clientes Oficiales 2012 -2013

Ajuste de la preferencia inicial de clientes oficiales					
Años				Delta 2015 - 2012	Aumento o Disminución
2012	2013	2014	2015		
42	37	32	27	-15	-5
8	9	10	11	3	1
4	3	3	2	-2	-1
15	16	16	17	2	1
2	3	4	5	3	1
24	43	63	82	58	19
5	6	6	7	2	1
8	8	7	7	-1	0
108	125	141	158		

En la tabla anterior se presentó el ajuste de los datos oficiales para obtener el valor de 2013 y así poder utilizar los criterios de preferencia inicial.

Para la preferencia inicial, el porcentaje resultante indica el crecimiento de clientes oficiales por cada circuito del municipio entre los años 2012 – 2013, que se han venido asentando en los circuitos, este porcentaje depende de la administración municipal.

En la siguiente Tabla 14, en la columna de “crecimiento de clientes por circuito 2012 – 2011” se observa unos valores negativos marcados en rojo, dicho valor representa una disminución de clientes, para dar solución a este problema la ESSA – EPM en el documento de consultoría [2], toma el valor negativo y lo reemplazo por uno (1) teniendo la confianza de que para el próximo año haya al menos un cliente nuevo.

Tabla 14. Preferencia inicial de clientes Oficiales 2012 - 2013

Preferencia inicial de clientes Oficiales por circuito al 2012				Crecimiento de clientes por circuito 2012 - 2011	Delta de Oficiales 2012	Porcentaje de preferencia inicial de Oficiales
Circuito 13.2 kV	Nombre	2011	2012			
34 503	Cabecera 3	42	37	-5	1	4,05%
37 501	San Cristóbal 1	8	9	1	1	4,05%
37 502	San Cristóbal 2	4	3	-1	1	4,05%
37 503	San Cristóbal 3	15	16	1	1	2,70%
37 504	San Cristóbal 4	2	3	1	1	4,05%
41 501	Granja 1	24	43	19	19	78,38%
41 502	Granja 2	5	6	1	1	2,70%
41 503	Granja 3	8	8	0	0	0,00%
TOTAL DE CLIENTES		108	125	17	25	100,00%

De la tabla anterior, el circuito 41 501, es el circuito que mayor crecimiento presenta, con 19 instalaciones oficiales. Piedecuesta presento un crecimiento anual de 17 instalaciones oficiales nuevas para los años 2012 – 2011, dentro de los ocho (8) circuitos que alimentan al municipio.

3.3 POTENCIA EN KVA POR CLIENTE (KVA/INSTALACION) Y POR CIRCUITO

Para el cálculo de la potencia se obtuvo del estudio realizado con anterioridad en el mismo municipio, los cuales son aplicables al nuestro. Estos datos pertenecen a

diciembre del 2012, como el estudio no se basa en el aumento de potencia de cada instalación en los años si no en el aumento en cantidad de nuevos clientes. Los datos suministrados por la ESSA emp. Son el número oficial de clientes por circuito y por tipo (Tabla 15) y el consumo de cada circuito y así determinar el kVA por instalación.

Tabla 15. Fuente oficial de clientes por circuito

Fuente OFICIAL Clientes por circuito dic. 2012 AMB - ESSA							
Circuito o 13.2 kV	Comercial	Industrial	Oficial	Residencia 1, 2 y 3	Residencia 4, 5 y 6	Total general Residencia 	Total general CLIENTES
34503	134	43	42	2817	93	2910	3129
37501	63	6	8	3461	2	3463	3540
37502	81	8	4	3395	689	4084	4177
37503	438	59	15	6994	57	7051	7563
37504	38	5	2	1047	1	1048	1093
41501	1102	61	24	7145	9	7154	8341
41502	201	17	5	4329	904	5233	5456
41503	32	31	8	1422	43	1465	1536

Fuente: ESSA. Planeación_todos Consumo y KVA x Cliente Oficial 2012. ANEXO F.

En el Anexo F encontramos el consumo máximo por cada circuito del mismo periodo obteniendo los resultados. En la Tabla 16 se presentan los diferentes consumos por circuito.

Tabla 16. Consumo de potencia por tipo de cliente y por circuito

Distribución de la Demanda Máxima Circuito 2012						
Circuito 13.2 kV	Demanda Máxima Circuito 2012 kVA	Comercial [kVA]	Industrial [kVA]	Oficial [kVA]	Residencial 1, 2 y 3 [kVA]	Residencial 4, 5 y 6 [kVA]
34503	1397.85	267.60	167.84	28.63	862.98	70.81
37501	1290.32	106.13	4.48	10.13	1168.45	1.13
37502	1829.03	148.54	10.36	20.45	1346.83	302.85
37503	3067.32	541.80	80.89	60.63	2317.13	66.87
37504	537.63	54.83	3.26	3.51	474.36	1.67
41501	4360.79	1475.75	136.36	119.93	2626.32	2.43
41502	2810.70	683.27	28.68	19.42	1616.56	462.78
41503	890.32	56.94	74.77	80.95	642.14	35.53

Fuente: ESSA. Planeación_todos Consumo y KVA x Cliente Oficial 2012. ANEXO F.

Si dividimos el número de clientes sobre el consumo obtenemos kVA por cada instalación y tipo de cliente obtenemos el resultado, el cual se multiplicará con los pronósticos de los proyectos, obteniendo la siguiente Tabla 17.

Los datos plasmados en la tabla 17, son resultados de los cálculos realizados en el anexo G.

Se observa el caso residencial se tiene un total porcentual de kVA, este se obtiene calculado el porcentaje de participación de cada circuito de manera pondera con el número de clientes o residenciales 1, 2, 3 o residenciales 4, 5, 6. Obteniendo un solo valor para el caso residencial.

Tabla 17. kVA instalación por tipo de cliente

kVA/Instalación por circuito 2012						
Circuito 13.2 kV	Comercial [kVA]	Industrial [kVA]	Oficial [KVA]	Residencial 1, 2 y 3 [kVA]	Residencial 4, 5 y 6 [kVA]	Total ponderado residencial [kVA]
34503	2.00	3.90	0.68	0.31	0.76	0.32
37501	1.68	0.75	1.27	0.34	0.56	0.34
37502	1.83	1.29	5.11	0.40	0.44	0.40
37503	1.24	1.37	4.04	0.33	1.17	0.34
37504	1.44	0.65	1.76	0.45	1.67	0.45
41501	1.34	2.24	5.00	0.37	0.27	0.37
41502	3.40	1.69	3.88	0.37	0.51	0.40
41503	1.78	2.41	10.12	0.45	0.83	0.46

4. DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES Y POTENCIA POR CIRCUITO CORTO PLAZO

Esta proyección será el resultado del análisis entre la proyección estadística y determinística dándole prioridad a este último.

4.1 PROYECTOS RESIDENCIALES EN EL CORTO PLAZO 2016-2018.

Para la proyección de clientes residenciales se tiene en cuenta tanto la proyección estadística como la determinística y se realizara una comparación de las dos y así contar con una proyección lo más ajustada a la realidad.

4.1.1 Proyección estadística de cliente por circuito y año. La proyección corresponde a los resultados de suavizamiento de HOLT de la serie de tiempo, tal como se describe en el capítulo de esta, en esta sección se tendrán en cuenta la proyección de los tres primeros años, como se muestra en la siguiente Tabla 18.

Tabla 18. Proyección estadística residencial en el corto plazo

Preferencia inicial de clientes por circuito al 2012		Datos		Preferencia inicial de Viviendas 2012	Porcentaje de preferencia inicial de Viviendas	Delta Proyección Holt		
		Año	Año			2016 - 2015	2017 - 2016	2018 - 2017
Circuito 13.2 kV	Nombre	2011	2012			2056	2056	2056
34 503	Cabecera 3	2811	2906	95	5.21%	107	107	107
37 501	San Cristóbal 1	3209	3463	254	13.92%	286	286	286
37 502	San Cristóbal 2	3938	4083	145	7.95%	163	163	163
37 503	San Cristóbal 3	6476	7050	574	31.45%	647	647	647
37 504	San Cristóbal 4	1025	1048	23	1.26%	26	26	26
41 501	Granja 1	6712	7153	441	24.16%	497	497	497
41 502	Granja 2	5045	5232	187	10.25%	211	211	211
41 503	Granja 3	1359	1465	106	5.81%	119	119	119
TOTAL DE CLIENTES		30575	32400	1825	100.00%	2056	2056	2056

Para mayor detalle por favor consultar el anexo H.

Se observa en la tabla 18. Como se espera, el crecimiento del municipio teniendo en cuenta la preferencia inicial de clientes que se determinó en el capítulo anterior, los circuitos con mayor preferencia inicial son los que tienen mayor crecimiento en el determinístico y en el total.

Estos crecimientos obtenidos por circuitos y por años nos permiten obtener una primera aproximación al crecimiento real.

4.1.2 Proyección determinística de proyectos Residenciales. En esta sección seleccionados los proyectos residenciales basándonos en la base de datos de CAMACOL y constructores, en general se tendrán en cuenta todo proyecto con área de lote construible mayor a 300m², los datos obtenidos se presentan a continuación (Tabla 19) con el número de clientes residenciales por proyecto.

Tabla 19. Proyectos determinísticos en el municipio de Piedecuesta

# PROYECTOS	PROYECTOS PUNTUALES DENTRO DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA	VIVIENDAS POR PROYECTO
1	ZAFIRO	1216
2	SENDERO DE MIRAFLORES	720
3	RESERVA DE LA LOMA	576
4	PORTAL DE LA LOMA	564
5	BOSQUES DEL HATO	534
6	VILLA MARCELA 2	512
7	VILLA PARAISO	432
8	86_VILLA ADELA	420
9	PRADOS DE MIRAFLORES	336
10	CONJUNTO CERRO DE LA CANTERA	320
11	CIUDADELA VALLE DE BARRO BLANCO TRAPICHE	320

# PROYECTOS	PROYECTOS PUNTUALES DENTRO DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA	VIVIENDAS POR PROYECTO
12	LA MOLIENDA	320
13	SERRANIA DEL HATO	288
14	TERRAZA DE MIRAFLORES	288
15	PORTANOVA	270
16	TORRES DEL CAMPO	266
17	CARACOLI CONJUNTO RESIDENCIAL	240
18	SMART CLARISAS	219
19	ENTRE PARQUES GUAYACAN	208
20	ARBORETTO	200
21	COLINA DEL HATO	192
22	SMART JUNIN	138
23	TERRAZAS DE SAN FRANCISCO	112
24	PRADERA DEL HATO	108
	TOTAL DE UNIDADES DE VIVIENDA	8799

Fuente: Datos extraídos de la base de datos de CAMACOL. Fecha: 11 de enero 2017.

El anexo I puede ser consultado para mayor información.

Observamos que el crecimiento de los proyectos urbanísticos en el municipio es de gran impacto, lo podemos observar con el gran número de viviendas nuevas que se ofrecerán como lo son el gran proyecto de Zafiro con sus 1216 viviendas, el macro proyecto de Rio de Hato el cual está sub dividido en 4 proyectos.

Los proyectos mostrados en la Tabla 20. Son los obtenidos al filtrar los proyectos con los criterios para entrar en corto plazo, los proyectos que no cumplieron de la base de datos de CAMACOL son los siguientes:

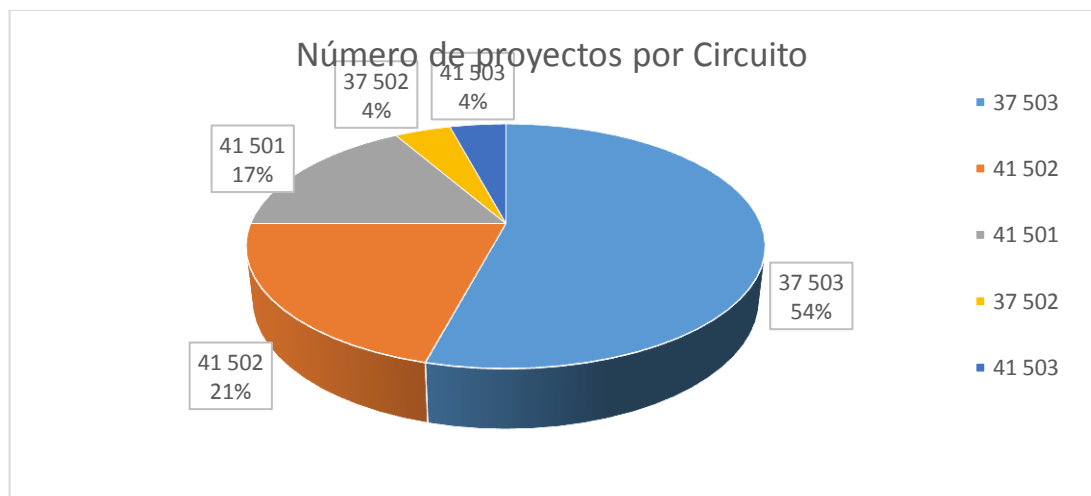
Tabla 20. Proyectos residenciales a no tener en cuenta.

PROYECTOS EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA	MOTIVO
CONDOMINIO CAMPESTRE TERRAZA DE MENSULI	Venta de lotes, se desconoce fecha de construcción.
CAMINOS DE LA LOMA	Proyecto inactivo.
COUNTRY COLORS	Venta de lotes, se desconoce fecha de construcción.
SENIORS HOUSE	Condominio fecha estimada de entrada 2020.

Estos proyectos no se pueden considerar como determinísticos debido a que es incierta la fecha en que entrarían a considerarse clientes.

La ubicación de estos proyectos es importante para poder generar un diagnóstico por circuitos del municipio, al distribuir los proyectos en cada circuito obtenemos la siguiente gráfica.

Grafica 5. Porcentaje de participación de los nuevos proyectos en cada circuito



Los demás circuitos que no aparecen en la Grafica 5. Porcentaje de participación de los nuevos proyectos en cada circuito, no presentan proyectos de vivienda en el corto plazo, adicionalmente podemos observar que el circuito 37 503

perteneciente a la subestación San Cristóbal presenta el 54% de todos los proyectos urbanísticos, por lo cual este circuito se le dará especial atención, como de igual medida el circuito 41 502 donde se encuentra el macro proyecto Rio del Hato, el cual está sub dividido en cuatro proyectos.

Los proyectos urbanísticos generalmente están compuestos por diversas etapas, es por esto que es importante conocer la fecha de entrada de los diferentes bloques que conforman como así corroborar las etapas que se ejecutarán, es por esto que para el presente estudio se realizó una verificación en los diferentes proyectos, observando los diferentes porcentajes de ejecución y/o de venta, esta verificación se realizó en tanto presencial como vía telefónica.

Conociendo la fecha de entrada de cada etapa de los proyectos se conocerá el impacto de este en las redes de SDL del municipio, es por esto que se realizó la Tabla 21, la cual se encuentra más detallada en el anexo J.

Tabla 21. Proyectos anuales por circuito

PROYECTOS URBANISTICOS 2016 - 2018	CIRCUITO	2016	2017	2018	APOYO
TERRAZAS DE SAN FRANCISCO	37 502		56	56	1421191
TOTAL	37 502	0	56	56	
SMART CLARISAS	37 503	-	-	105	1427458
PRADOS DE MIRAFLORES	37 503			336	4120493
TORRES DEL CAMPO	37 503		89	88	4110455
RESERVA DE LA LOMA	37 503	288	288		2889153
CIUADELA VALLE DE BARRO BLANCO TRAPICHE	37 503		320		2211050
PORTAL DE LA LOMA	37 503	0	282	282	2870274
TERRAZA DE MIRAFLORES	37 502		96	96	4991028
PORTANOVA	37 502	135	135		2262684
SENDERO DE MIRAFLORES	37 503	240	240	240	2752107
VILLA MARCELA 2	37 503	170	170	171	2752077
VILLA PARAISO	37 503			288	8436444
LA MOLIENDA	37 503	160	160		2913143
CONJUNTO CERRO DE LA CANTERA	37 503			320	2211076
TOTAL	37 503	993	1780	1926	
CARACOLI CONJUNTO RESIDENCIAL	41 501	120	120	0	8415099

PROYECTOS URBANISTICOS 2016 - 2018	CIRCUITO	2016	2017	2018	APOYO
ZAFIRO	41 501		608	608	1400649
ENTRE PARQUES GUAYACAN	41 501		52	52	1398407
SMART JUNIN	41 501			138	5584574
TOTAL	41 501	120	780	798	
SERRANIA DEL HATO	41 502		192	48	3868389
COLINA DEL HATO	41 502			192	3868389
BOSQUES DEL HATO	41 502		178	178	3868389
PRADERA DEL HATO	41 502	36	36	36	3868389
ARBORETTO	41 502	100	100		4160533
TOTAL	41 502	136	506	454	
VILLA ADELA	41 503	210	210		2945533
TOTAL	41 503	210	210	0	
Total de entrada de las unidades de vivienda por año		1459	3332	3234	

Si resume la Tabla 21, y se agrega los circuitos en los cuales no se presentaron proyectos urbanísticos a mediana escala se obtiene Tabla 22. Unidades de vivienda anuales en los circuitos.

Tabla 22. Unidades de vivienda anuales en los circuitos

Circuitos del municipio de Piedecuesta		Viviendas por circuito de 3 Año		
Circuito 13.2 kV	Nombre	2016	2017	2018
34 503	Cabecera 3	0	0	0
37 501	San Cristóbal 1	0	0	0
37 502	San Cristóbal 2	0	56	56
37 503	San Cristóbal 3	993	1780	1926
37 504	San Cristóbal 4	0	0	0
41 501	Granja 1	120	780	798
41 502	Granja 2	136	506	454
41 503	Granja 3	210	210	0
TOTAL DE CLIENTES PIEDECUESTA		1459	3332	3234

En la Tabla 22, Se observa que los años 2017 y 2018 son los proyectos con mayor número de proyectos nuevos, esto gracias a la entrada en su mayoría de los proyectos del circuito 3 de San Cristóbal (37 503). A la entrada del conglomerado

de Rio del Hato pertenecientes al circuito 41 502. Como también se nota la entrada del proyecto de interés social Zafiro con sus 1216 usuarios nuevos los cuales entraran en el último trimestre del año 2017 y 2018.

Estos nuevos proyectos generan un gran impacto atípico en los diferentes circuitos, los cuales deberán ser tratados más afondo cuando se comparen con la proyección de HOLT.

4.1.3 Clientes residenciales en potencia a corto plazo en el municipio de Piedecuesta. En el estudio a corto plazo se dará prioridad a la proyección determinística pues esta es muy probable que este si entrará, es por esto que en los circuitos que presenten crecimiento en la proyección determinística se ubicaran todos. Si existe en algún circuito un mayor crecimiento del estadístico en comparación con el determinístico el delta resultante se distribuirá en todos los transformadores.

Primero se dará las potencias por proyecto las cuales se presentan a continuación, Tabla 23.

Tabla 23. Potencia de los proyectos por circuito

PROYECTOS DETERMINISTICOS 2016 - 2018	CIRCUITO	POTENCIA 2016 [kVA]	POTENCIA 2017 [kVA]	POTENCIA 2018 [kVA]	APOYO
TERRAZAS DE SAN FRANCISCO	37 502	0.00	22.62	22.62	1421191
TOTAL	37 502	0.00	22.62	22.62	
SMART CLARISAS	37 503	0.00	0.00	35.50	1427458
PRADOS DE MIRAFLORES	37 503	0.00	0.00	113.60	4120493
TORRES DEL CAMPO	37 503	0.00	30.09	29.75	4110455
RESERVA DE LA LOMA	37 503	97.37	97.37	0.00	2889153
CIUDADELA VALLE DE BARRO BLANCO TRAPICHE	37 503	0.00	108.19	0.00	2211050
PORTAL DE LA LOMA	37 503	0.00	95.35	95.35	2870274
TERRAZA DE MIRAFLORES	37 502	0.00	32.46	32.46	4991028
PORTANOVA	37 502	45.64	45.64	0.00	2262684
SENDERO DE MIRAFLORES	37 503	81.15	81.15	81.15	2752107
VILLA MARCELA 2	37 503	57.48	57.48	57.82	2752077

PROYECTOS DETERMINISTICOS 2016 - 2018	CIRCUITO	POTENCIA 2016 [kVA]	POTENCIA 2017 [kVA]	POTENCIA 2018 [kVA]	APOYO
VILLA PARAISO	37 503	0.00	0.00	97.37	8436444
LA MOLIENDA	37 503	54.10	54.10	0.00	2913143
CONJUNTO CERRO DE LA CANTERA	37 503	0.00	0.00	108.19	2211076
TOTAL	37 503	335.74	601.83	651.19	
CARACOLI CONJUNTO RESIDENCIAL	41 501	44.09	44.09	0.00	8415099
86_ZAFIRO	41 501	0.00	223.41	223.41	1400649
ENTRE PARQUES GUAYACAN	41 501	0.00	19.11	19.11	1398407
SMART JUNIN	41 501	0.00	0.00	50.71	5584574
TOTAL	41 501	44.09	286.61	293.23	
SERRANIA DEL HATO	41 502	0.00	76.29	19.07	3868389
COLINA DEL HATO	41 502	0.00	0.00	76.29	3868389
BOSQUES DEL HATO	41 502	0.00	70.73	70.73	3868389
PRADERA DEL HATO	41 502	14.30	14.30	14.30	3868389
ARBORETTO	41 502	39.74	39.74	0.00	4160533
TOTAL	41 502	54.04	201.06	180.40	
86_VILLA ADELA	41 503	97.14	97.14	0.00	2945533
TOTAL	41 503	97.14	97.14	0.00	
Total de potencia en los años de proyección [kVA]		531.02	1209.26	1147.44	

Para mayor información remitirse al anexo K.

El número de apoyo asignado para cada proyecto es el suministrado en factibilidades para el caso de los proyectos estén entre la información que se nos suministró de lo contrario se le asocia uno cercano a la ubicación del proyecto.

En la tabla anterior se tiene las potencias que entrarían a consumir cada proyecto calculado en base al estudio realizado de potencia por instalación y por circuito.

Ya teniendo las potencias de las proyecciones determinísticas se comparan con las obtenidas estadísticamente, el residuo obtenido entre el determinístico y el estadístico en potencia también se distribuirá en los circuitos, no como carga puntual si no entre todas las cargas de circuito por igual, lo cual se demuestra en la siguiente Tabla 24.

Tabla 24. Proyección a corto plazo en potencia para clientes residenciales

CIRCUITOS DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA.			POTENCIA DE LOS PROYECTOS DETERMINISTICOS [kVA]			Delta de vivienda en los diferentes circuitos [kVA]			POTENCIA EN EL CORTO PLAZO [kVA]
Circuito 13.2 kV	kVA/inst	Subestación	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2018
34 503	0.321	Cabecera 3	0.00	0.00	0.00	34	34	34	103
37 501	0.338	San Cristóbal 1	0.00	0.00	0.00	97	97	97	290
37 502	0.404	San Cristóbal 2	0.00	22.62	22.62	66	43	43	198
37 503	0.338	San Cristóbal 3	335.7	601.8	651.1	0	0	0	1589
37 504	0.454	San Cristóbal 4	0.00	0.00	0.00	12	12	12	35
41 501	0.367	Granja 1	44.09	286.6	293.2	139	0	0	762
41 502	0.397	Granja 2	54.04	201.0	180.4	30	0	0	465
41 503	0.463	Granja 3	97.14	97.14	0.00	0	0	55	250
TOTAL DE CLIENTES			531	1209	1147	377	186	241	3692

De la tabla anterior se observa que el circuito San Cristóbal 3 (37 503) solo se tendrá en cuenta las proyecciones determinísticas pues su residuo fue negativo, y por ende el delta de viviendas es cero.

4.2 PROYECTOS COMERCIALES, INDUSTRIALES Y OFICIALES EN CORTO PLAZO

Para el caso de los proyectos comerciales e industriales se implementará de igual manera la metodología para proyectos determinísticos se basó en gran medida en los estudios de factibilidades desde el año 2013 y averiguando uno a uno el estado de las mismas y así estimar una fecha tentativa de las mismas.

Los resultados se plasman en las siguientes Tabla 25, para mayor detalle remitirse al ANEXO K.

Se observa que la potencia proyectada para el 2018 es prácticamente un tercio que el del residencial.

Tabla 25. Potencia de clientes Comerciales en corto plazo

Preferencia inicial de clientes por circuito al 2012			POTENCIA DE LOS PROYECTOS DETERMINISTICOS [kVA]			Delta de vivienda en los diferentes circuitos [kVA]			POTENCIA EN EL CORTO PLAZO [kVA]
Circuito 13.2 kV	kVA/instalación	Nombre	2016	2017	2018	2016	2017	2018	[kVA]
34 503	2.00	Cabecera 3	56.25	0.00	0.00	18	20	20	114
37 501	1.68	San Cristóbal 1	0.00	0.00	22.50	44	42	40	149
37 502	1.83	San Cristóbal 2	0.00	112.50	0.00	28	26	28	193
37 503	1.24	San Cristóbal 3	22.50	0.00	0.00	71	71	71	234
37 504	1.44	San Cristóbal 4	0.00	0.00	0.00	3	3	3	9
41 501	1.34	Granja 1	0.00	37.50	150.00	60	58	58	363
41 502	3.40	Granja 2	3.40	0.00	0.00	61	65	65	194
41 503	1.78	Granja 3	0.00	12.50	0.00	20	18	20	69
TOTAL DE CLIENTES			82.15	162.50	172.50	304	301	303	1325

Para los clientes industriales se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la Tabla 26.

Tabla 26. Potencias de clientes Industriales en corto plazo

Preferencia inicial de clientes por circuito al 2012			POTENCIA DE LOS PROYECTOS DETERMINISTICOS [kVA]			Delta de vivienda en los diferentes circuitos [kVA]			POTENCIA EN EL CORTO PLAZO [kVA]
Circuito 13.2 kV	kVA/instalación	Nombre	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2018
34 503	3.90	Cabecera 3	0.00	0.00	0.00	4	4	4	12
37 501	0.75	San Cristóbal 1	0.00	0.00	0.00	1	2	2	6
37 502	1.29	San Cristóbal 2	0.00	0.00	0.00	1	3	3	6
37 503	1.37	San Cristóbal 3	0.00	67.50	0.00	7	8	10	92
37 504	0.65	San Cristóbal 4	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
41 501	2.24	Granja 1	0.00	0.00	0.00	9	13	13	36
41 502	1.69	Granja 2	0.00	0.00	0.00	3	3	3	10
41 503	2.41	Granja 3	180.00	0.00	0.00	0	2	2	185
TOTAL DE CLIENTES			180	68	0	26	36	38	347

Las Potencias que se obtiene en industrial es poca debido a que mucha de la industria del sector se conecta nivel de tensión III.

Para los clientes oficiales no se encontró proyectos para considerarlos determinísticos pues en los estudios de factibilidades solo están iluminaciones públicas, con el codirector se decidió no tomarlos en cuenta. En la siguiente Tabla 27, se presentan las potencias para los clientes oficiales en el primer periodo de planeación.

Tabla 27. Potencias de clientes Oficiales en corto plazo

Preferencia inicial de clientes por circuito al 2012			DELTA POTENCIA DE LOS PROYECTOS ESTADISTICOS [kVA]			POTENCIA EN EL CORTO PLAZO
Circuito 13.2 kV	kVA/instalación	Nombre	2016	2017	2018	[kVA]
34 503	0.68	Cabecera 3	0.68	1.36	1.36	3
37 501	1.27	San Cristóbal 1	3.80	5.07	5.07	14
37 502	5.11	San Cristóbal 2	5.11	10.22	10.22	26
37 503	4.04	San Cristóbal 3	16.17	20.21	20.21	57
37 504	1.76	San Cristóbal 4	3.51	3.51	3.51	11
41 501	5.00	Granja 1	14.99	14.99	14.99	45
41 502	3.88	Granja 2	11.65	15.53	15.53	43
41 503	10.12	Granja 3	0.00	0.00	0.00	0
TOTAL DE CLIENTES			56	71	71	198

4.3 POTENCIAS TOTALES A FINAL DEL CORTO PLAZO

Para obtener las potencias totales se solicitó las potencias del municipio en el año 2015 y se sumó el total de las proyecciones residenciales, comerciales, industriales y oficiales y se obtuvo la siguiente Tabla 28.

Tabla 28. Potencias totales en el corto plazo

SUMA DE LAS POTENCIAS R.I.C.O (DETERMINISTICO-ESTADITICO)				
CODIGO	NOMBRE	S (MVA) - 2016	S (MVA) - 2017	S (MVA) - 2018
34 503	Cabecera 3	1.29	1.40	1.51
37 501	San Cristóbal 1	1.55	1.76	1.97
37 502	San Cristóbal 2	1.70	1.78	1.87
37 503	San Cristóbal 3	3.48	3.58	3.68
37 504	San Cristóbal 4	0.46	0.51	0.56
41 501	Granja 1	4.45	4.53	4.62
41 502	Granja 2	2.82	2.91	2.99
41 503	Granja 3	0.96	0.98	1.10

En la tabla anterior, se observa que el circuito 41 501 es el circuito que mayor potencia seguido por el 37 503 perteneciente a barro blanco estos circuitos se les debe presentar atención especial.

5. DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES Y POTENCIA POR CIRCUITO MEDIANO Y LARGO PLAZO

Una vez finalizado la proyección y distribución de los clientes en el corto plazo, se supone que estos clientes ya estarían activos, se continua con la distribución en el mediano y largo plazo, para esto es necesario contar con una nueva preferencia inicial calculada en el intervalo de corto plazo (2016-2018), se cuenta que dicha preferencia inicial además de la proyección realizada estadísticamente también tendrá un fuerte componente determinístico esta preferencia inicial tendrá un buen grado de certeza.

Adicionalmente se requiere extraer el potencial del territorio con el que cuenta el municipio, esto con la ayuda del Plan Básico de Ordenamiento Territorio (PBOT) y los diferentes planes parciales y zonales.

5.1 NUEVA PREFERENCIA INICIAL DE CLIENTES 2016-2018

Con la información obtenida de los proyectos que entraran en este periodo se realiza un promedio de los tres años por circuitos y se calcula el porcentaje de las mismas. Los resultados los podemos observar en la siguiente Tabla 29.

El circuito 37 503 sigue siendo el circuito con mayor preferencia por los Piedecuestanos con un porcentaje de 45.93%.

Tabla 29. Nueva preferencia inicial 2016-2018

Preferencia inicial de clientes por circuito al 2019		Deltas			Preferencia inicial de Viviendas para mediano plazo.	Porcentaje de preferencia inicial de Viviendas
		Año	Año	Año		
Circuito 13.2 kV	Nombre	2016	2017	2018		
34 503	Cabecera 3	107	107	107	107	3.14%
37 501	San Cristóbal 1	286	286	286	286	8.39%
37 502	San Cristóbal 2	163	163	163	163	4.78%
37 503	San Cristóbal 3	993	1780	1926	1566	45.93%
37 504	San Cristóbal 4	26	26	26	26	0.76%
41 501	Granja 1	497	780	798	692	20.28%
41 502	Granja 2	211	506	454	390	11.45%
41 503	Granja 3	210	210	119	180	5.27%
TOTAL DE CLIENTES		2493	3858	3879	3410	100.00%

5.2 ANÁLISIS DEL TERRITORIO PIEDECUESTANO MEDIANTE EL PBOT Y PLANES PARCIALES

El propósito de este periodo de planeación es encontrar el potencial del territorio en escenarios de urbanización, Este potencial consiste en determinar la cantidad de viviendas y áreas construibles del sector Comercial, Industrial y Oficial, con base en la extensión de los predios no urbanizados.

Para los predios no urbanizados, tanto suelo de expansión y urbanos, es necesario hacer un análisis del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT – 2003) que aún sigue vigente en el municipio de Piedecuesta y además del PBOT, los Planes parciales o Planes Zonales que son decretos para el uso del suelo en zonas de expansión según la Ley 388 de 1997 en el Artículo 19 y sus decretos reglamentarios [PBOT].

En la siguiente Tabla 30, se presenta un resumen de cómo se ocupa el territorio, el Municipio se divide en tres grandes zonas, suelos de protección y de importancia ambiental, Suelos de desarrollo rural y otros suelos.

Tabla 30. Usos del suelo en el municipio de Piedecuesta

UNIDADES	ÁREA (HECTÁREAS)	PORCENTAJE (%)
SUELOS DE PROTECCIÓN Y DE IMPORTANCIA AMBIENTAL		
Ecosistema estratégico de alta montaña, sub páramo y bosques alto andino.	11.228,71	23.03 %
Áreas de amenaza por fenómenos Naturales	5.634,60	11.56 %
Zonas con tendencia a la aridez	10.157,60	20.84 %
Bosques de protección y desarrollo forestal	3.754,94	7.70 %
SUELOS DE DESARROLLO RURAL		
Áreas de desarrollo agropecuario con restricciones ambientales, sistemas agroforestales	12.267,75	25.16 %
OTROS SUELOS		
Suelo sub urbano	4.749,33	9.74 %
Suelo urbano	644	1.32 %
Suelo de Expansión	313,66	0.64 %

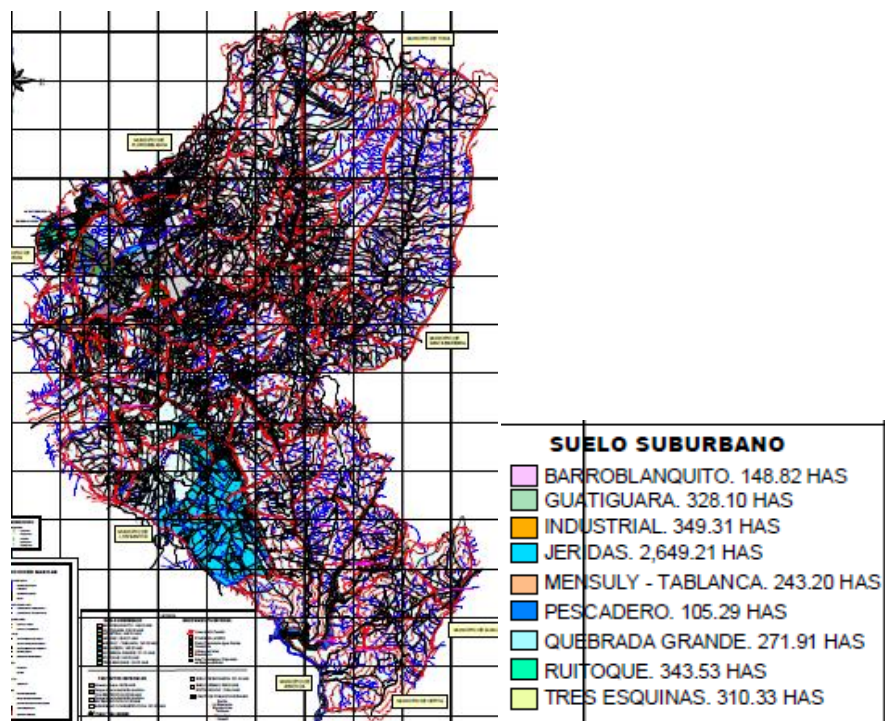
5.2.1 Suelos de protección y de importancia ambiental. Son suelos que, por sus características geográficas, paisajistas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o suelos sobre áreas de riesgo no mitigables para la localización de asentamientos humanos, tienen restringido su uso y ocupación. [3]

5.2.2 Suelos de desarrollo Rural. Los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por ser potencialmente aptas para usos agrícolas, ganaderos, forestales de explotación de recursos naturales y actividades análogas, bajo regulaciones y restricciones que eviten la aparición de actividades degradantes del medio natural. [3]

5.2.3 Otros suelos. En la sección de otros suelos dentro del PBOT hace referencias a los suelos Suburbanos, Suelo Urbano y los suelos de Expansión urbana.

❖ **Suelo suburbano.** Esta categoría de suelo se localiza dentro del suelo rural en las que se mezclan los usos del suelo y las formas de vida del campo y la ciudad, diferentes a los clasificados como áreas de expansión urbana, que pueden ser objeto de desarrollo con restricciones de uso, de intensidad y de densidad, garantizando el autoabastecimiento en servicios públicos domiciliarios, de conformidad con lo establecido en la ley 99 de 1993 y en la ley 142 de 1994. [3]

Mapa 1. Suelos Suburbanos



Fuente: [3]

❖ **Suelo Urbano.** Entiéndase como suelo urbano, el perímetro urbano que manejará el municipio a partir de la aprobación del presente estudio, que

quedará circunscribiendo un área para el casco antiguo aproximada de 644 has y un perímetro de 17,313 metros. Área que no sobrepasa el perímetro sanitario. [3]

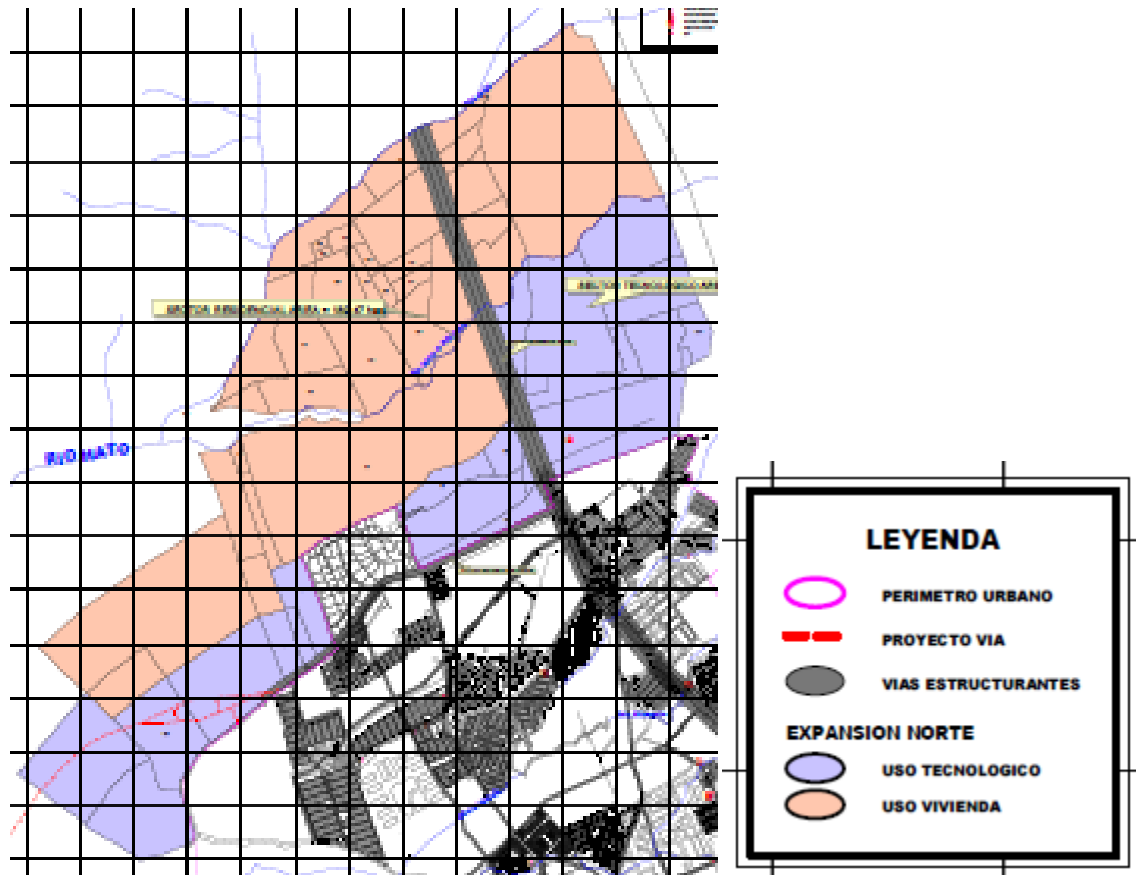
- ❖ **Suelos de expansión.** Los suelos de expansión definidos por el PBOT son dos hacia el norte del casco urbano del municipio y el otro en el norte del municipio, a continuación, se presentan las características generales de cada área de expansión.

- ❖ **Suelo de expansión Norte.** El área de expansión está localizada en el sector norte del casco urbano de Piedecuesta sobre la zona denominada Guatiguará, y una porción de suelo de la zona oriental de la autopista Bucaramanga Piedecuesta. Se determinan los siguientes usos: Residencial, Comercial, Institucional, Industrial y Ambiental. [3]

Las zonas se destinan para dos usos el primero uso es Residencial con una extensión de 189.47 hectáreas y una segunda zona es de uso tecnológico con una extensión de 120.67 hectáreas.

La expansión norte es la zona que mayor crecimiento está presentando ya que de los 9 Planes Parciales, 6 se están desarrollando en esta zona. Gracias a su geografía de valle permite un mayor crecimiento.

Mapa 2. Suelos de expansión norte

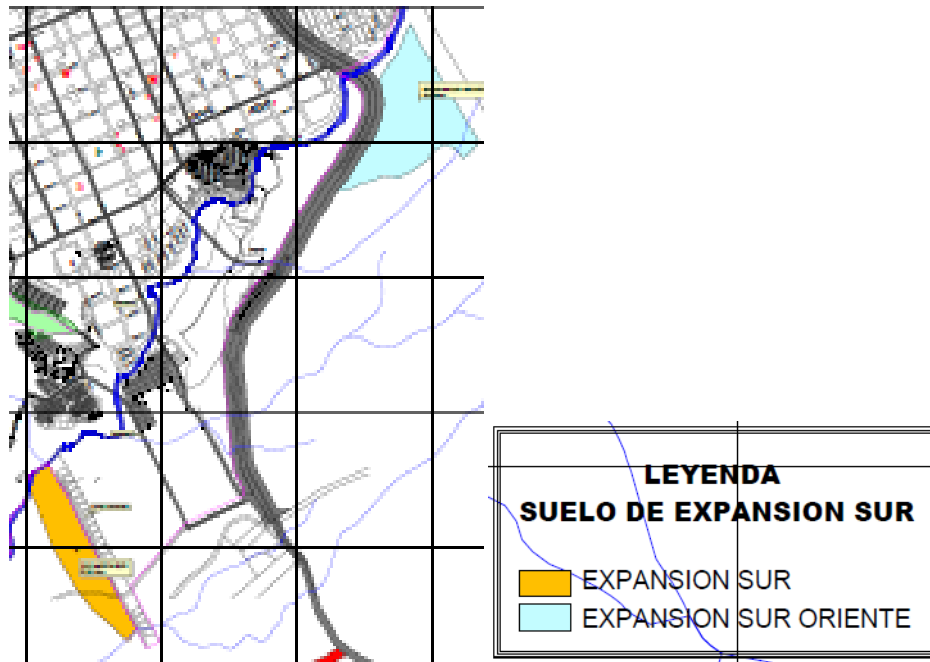


Fuente: [3]

❖ **Suelo de expansión Sur.** El área de expansión urbana sur está localizada sobre el sector contiguo al barrio Los Cisnes zona denominada Las Monjas, y un sector de la margen oriental de la Autopista Bucaramanga – Piedecuesta, y margen izquierda del río de Oro, denominada Expansión Sur – Oriental. Uso principal del suelo es Residencial. [3]

- Sector Las Monjas: 7.82 hectáreas
- Sector Sur Oriental: 13.19 hectáreas

Mapa 3. Suelos de expansión sur



Fuente: [3]

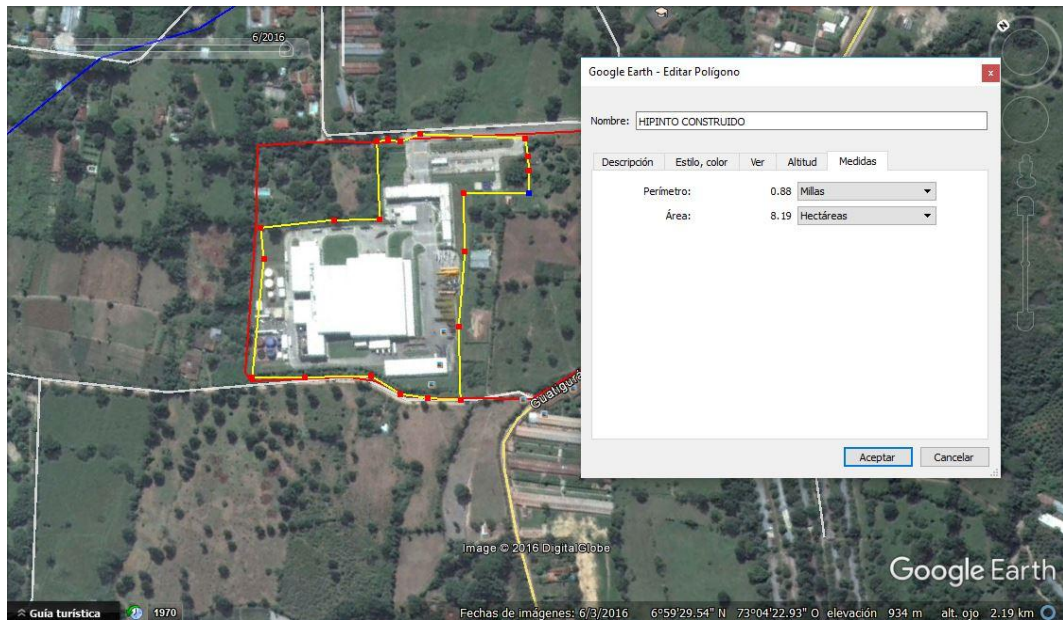
En esta zona de expansión se está desarrollando proyectos urbanísticos de gran impacto en la actualidad, estos proyectos ya se tuvieron en cuenta en el desarrollo del primer periodo de planeación.

5.2.4 Planes Parciales en las zonas de Expansión Norte y Sur. Los Planes Parciales son Decretos que se debe realizar para construir sobre las zonas de expansión, estos Planes Parciales brindan información sobre la Ubicación, Uso de los suelos, Área total del predio, Área construible y entre otros. Esta información se obtuvo en la secretaria de Planeación de Piedecuesta, con la asesoría de Alberto Hernández encargado de los usos del suelo.

En el ANEXO L está depositada toda la información que se pudo extraer de cada Plan Parcial presente en el municipio para la obtención del número de viviendas y de las áreas netas construibles del suelo Comercial, Industrial y Oficial.

De la Imagen 3. Imagen satelital PP HIPINTO tomada de Google Earth en Junio – 2016. Muestra como se ha venido ocupando el terreno del Plan Parcial, Hipinto a la fecha de Junio – 2016 solo ha construido la zona de Gestión 2 con un área de 8,29 hectáreas, dicha área no se tendrá en cuenta para la estimación de Demanda en los años 2019 – 2025.

Imagen 3. Imagen satelital PP HIPINTO



Fuente: Tomado de Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

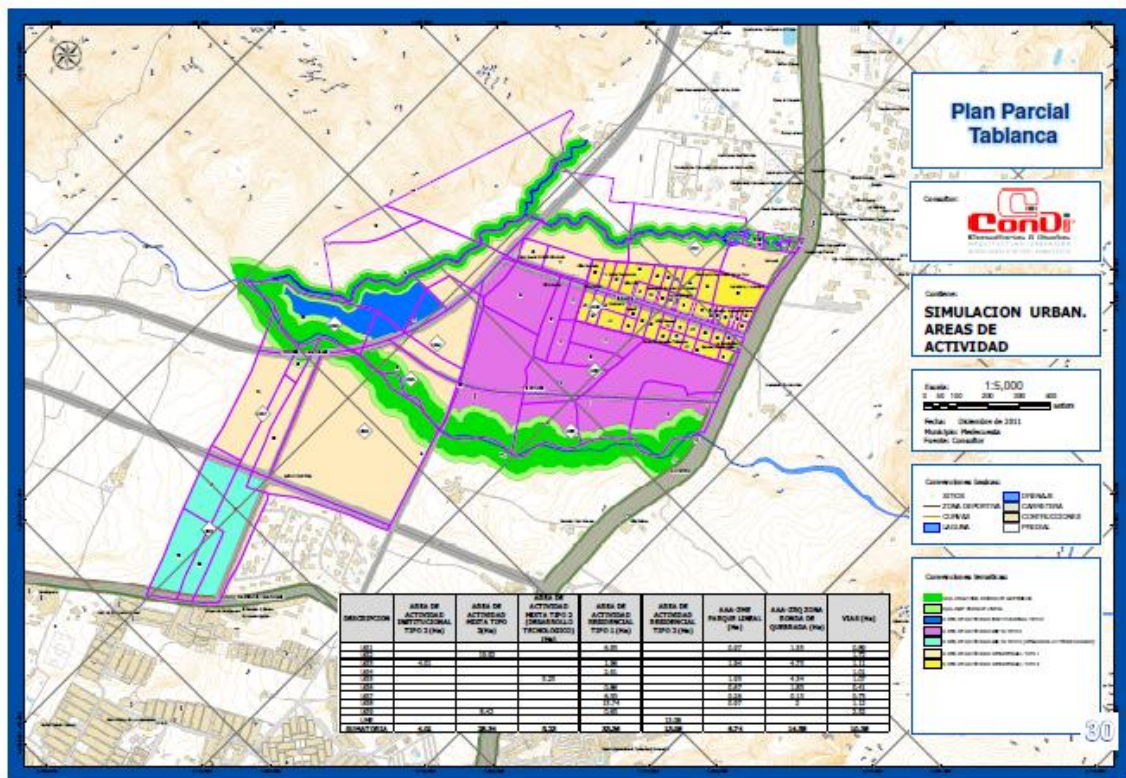
❖ **Plan parcial TABLANCA.** Decreto No. 136 de 2012. Por medio del cual se adopta el plan parcial de desarrollo y expansión urbana denominado “TABLANCA” [5]. Se localiza en el costado norte del actual casco urbano del municipio de Piedecuesta, Sobre el eje vial que de Floridablanca conduce a Piedecuesta. Comprendiendo áreas con clasificación de expansión urbana.

El plan zonal se divide en 10 unidades de Gestión. Cada Unidad de Gestión contiene información del tipo de cliente a construir y además el área neta.

Mapa 5. Unidades de gestión del PP TABLANCA – Tabla de UG

DESCRIPCION	AREA DE ACTIVIDAD INSTITUCIONAL TIPO 2 (Ha)	AREA DE ACTIVIDAD MIXTA TIPO 2 (Ha)	AREA DE ACTIVIDAD MIXTA TIPO 2 (DESARROLLO TECNOLÓGICO) (Ha)	AREA DE ACTIVIDAD RESIDENCIAL TIPO 1 (Ha)	AREA DE ACTIVIDAD RESIDENCIAL TIPO 2 (Ha)	AAA-ZME PARQUE LINEAL (Ha)	AAA-ZRQ ZONA RONDA DE QUEBRADA (Ha)	VIAS (Ha)
UG1				6,93		0,97	1,55	0,89
UG2		19,92						1,72
UG3	4,01			1,96		1,94	4,73	1,11
UG4				2,91				1,01
UG5			5,23			1,93	4,34	1,07
UG6				0,86		0,67	1,83	0,41
UG7				6,33		0,26	0,13	0,73
UG8				13,74		0,97	2	1,12
UG9		8,42		0,63				2,32
UME					13,08			
SUMATORIA	4,01	28,34	5,23	33,36	13,08	6,74	14,58	10,38

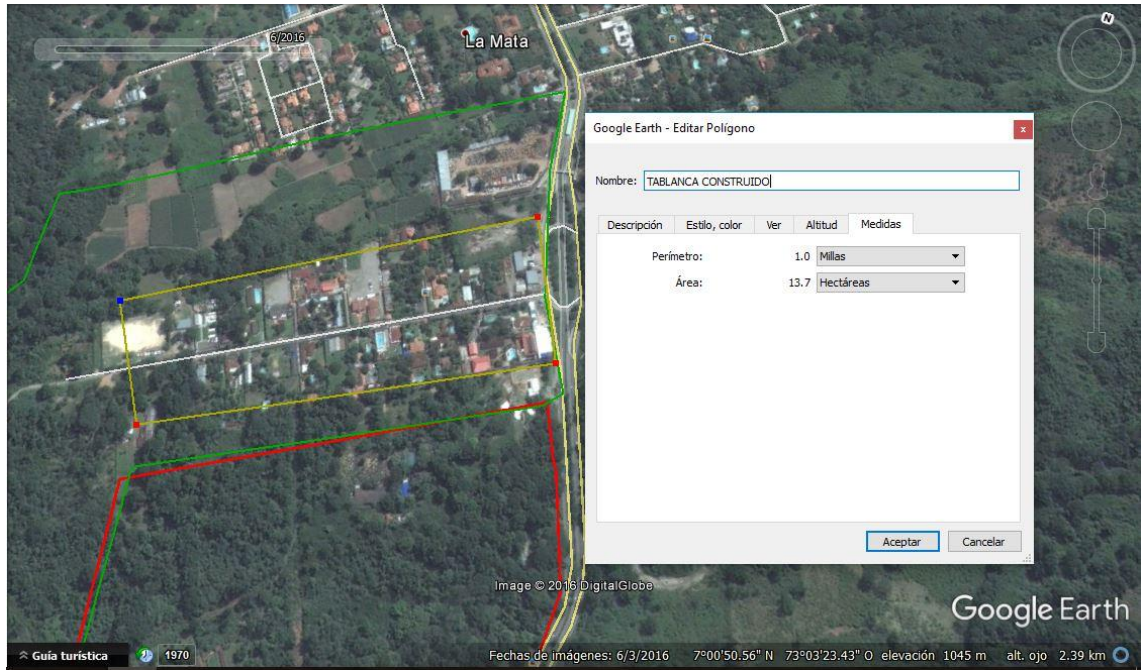
Mapa 6. Unidades de gestión del PP TABLANCA



Fuente: [5]

Del Plan Parcial TABLANCA a la fecha de Junio – 2016, solo se encuentra construido la Unidad de Gestión UME, con una extensión territorial de 13,08 Hectáreas, lo cual se observa en la siguiente Imagen 4. Imagen satelital PP TABLANCA

Imagen 4. Imagen satelital PP TABLANCA

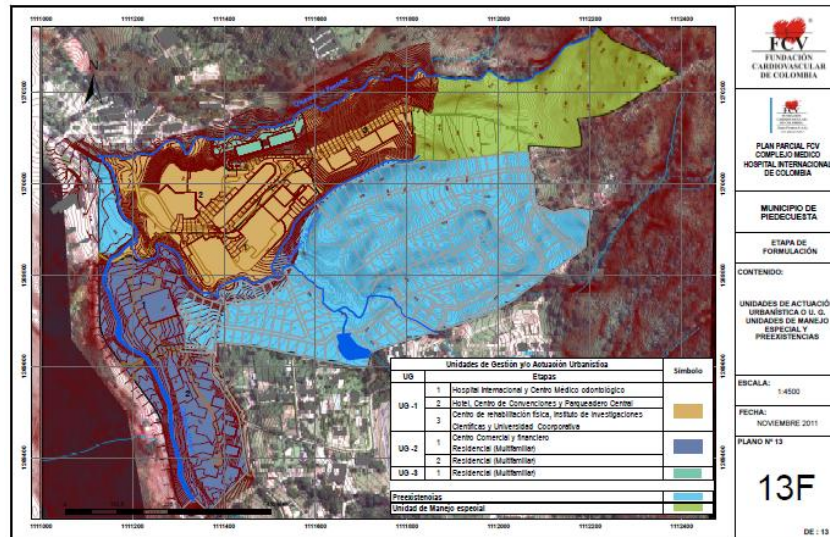


Fuente: Tomado de Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

- ❖ **Plan Parcial FCV.** Del Decreto No. 269 del 30 de noviembre 2011, por el cual se adopta el Plan Parcial de Expansión Urbana FCV – Complejo Medico Hospital Internacional de Colombia, en el Municipio de Piedecuesta [6].

El área de planificación del presente Plan Parcial, cuenta con una extensión de 59.65 hectáreas aproximadamente, localizadas a la altura del kilómetro 7 margen derecha de la Autopista Bucaramanga – Piedecuesta, topográficamente se encuentra ubicados sobre el valle y las laderas de las Quebradas Aranzoque – Menzulí, Palmichala, Quebrada Pequeña y Quebrada Mediagua.

Mapa 7. Unidades de gestión del PP FCV

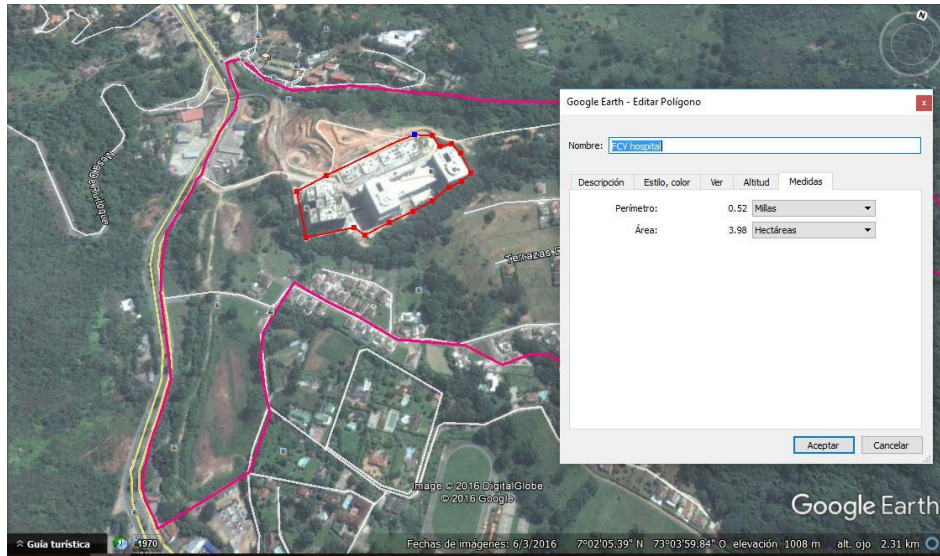


Fuente: [6]

El suelo del Plan Parcial FCV ha avanzado considerablemente en el desarrollo de los proyectos dentro del Plan, a continuación, se presentan las áreas construidas para cada unidad de Gestión.

Unidad de Gestión 1: Es donde se ubica el Hospital Internacional de Colombia, Centro de rehabilitación física y el Hotel. Esta unidad de gestión tiene una expansión territorial de 13,5 hectáreas, lo cual se puede observar de la Imagen 5. Imagen satelital PP FCV – UG1.

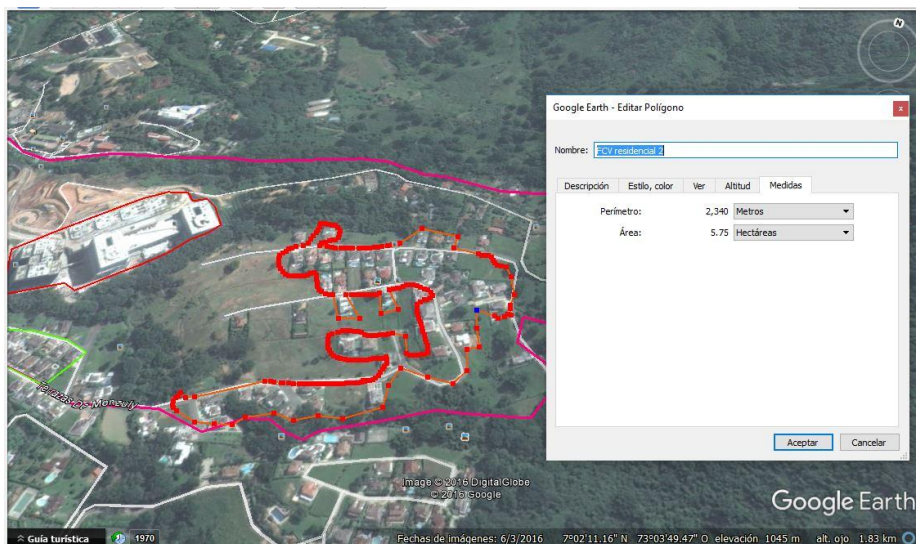
Imagen 5. Imagen satelital PP FCV – UG1



Fuente: Tomado de Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

Unidad de gestión 2: Es la unidad de Gestión destinada para la zona Residencial, del Plan Parcial con una extensión territorial construida de 5,75 hectáreas. Como se presenta en la siguiente Imagen 6. Imagen satelital PP FCV – UG2.

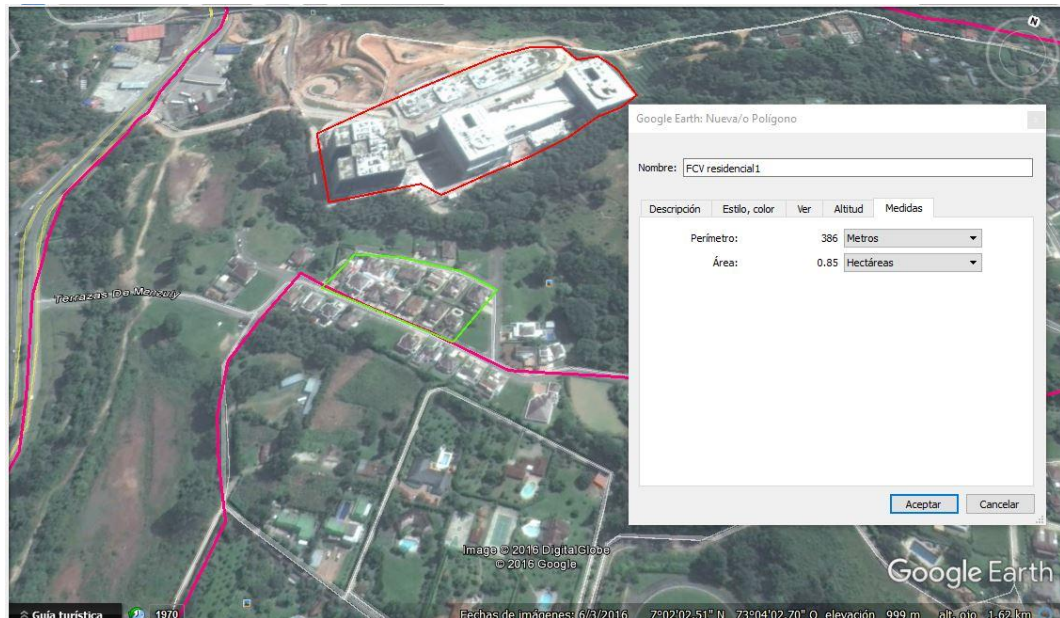
Imagen 6. Imagen satelital PP FCV – UG2



Fuente: Tomado de Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

Unidad de Gestión 3: Son las áreas destinadas para el desarrollo comercial con una extensión territorial de 0,85 hectáreas. En la siguiente Imagen 7. Imagen satelital PP FCV – UG3 se puede observar el área construida.

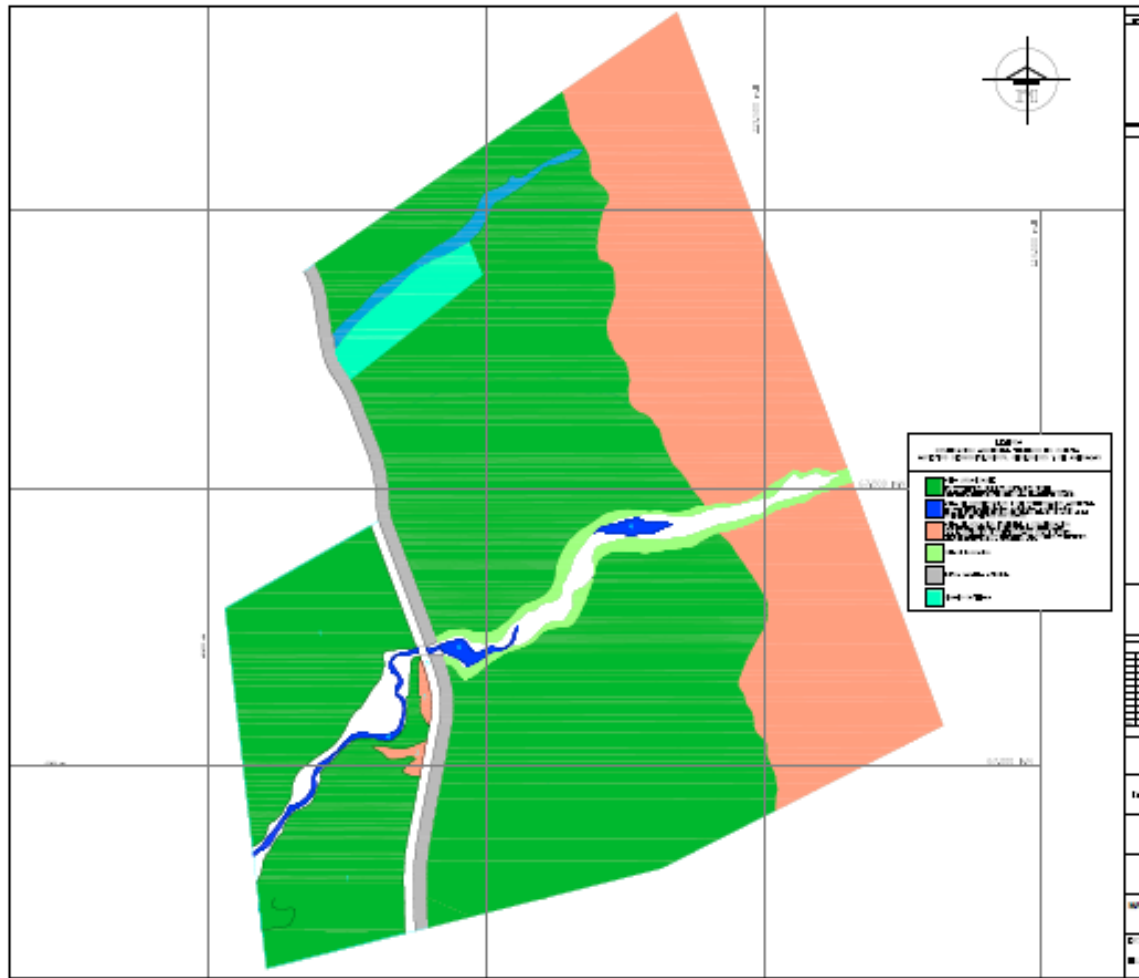
Imagen 7. Imagen satelital PP FCV – UG3



Fuente: Tomado de Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

❖ **Plan parcial GUATIGUARÁ.** Decreto No. 0118 de 2006, por lo cual se adopta el Plan Zonal “Guatiguará” [7]. Está ubicado en el sector conocido como la DIIVA, donde se desarrollarán proyectos de interés social, damnificados por la ola invernal y por los conflictos armados.

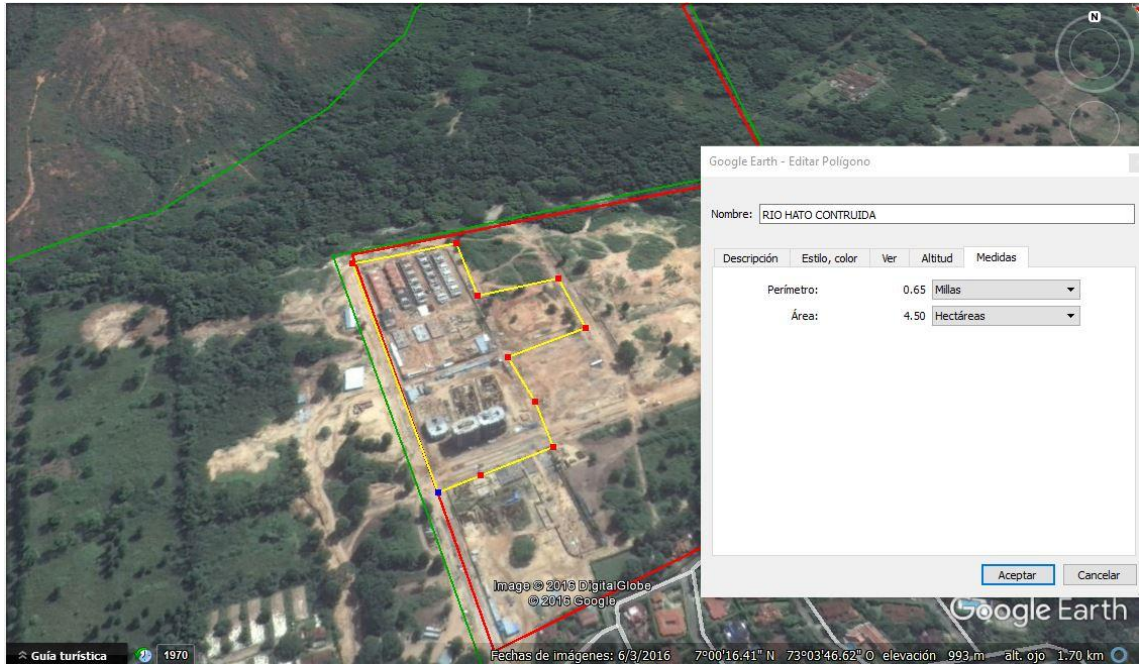
Mapa 9. Unidades de gestión del PP RIO DEL HATO



Fuente: [8]

Actualmente en el Plan Parcial RIO DEL HATO se están ejecutando proyectos de viviendas que ya se tuvieron en cuenta para la proyección de Demanda para el primer periodo de planeación, las viviendas mencionada anteriormente ocupan un área dentro del Plan Parcial entonces al área total del Plan se le resta el área que actualmente está construida. Con una extensión territorial de 4,50 Hectáreas, como se demuestra en la siguiente Imagen 8. Imagen satelital PP RIO DEL HATO.

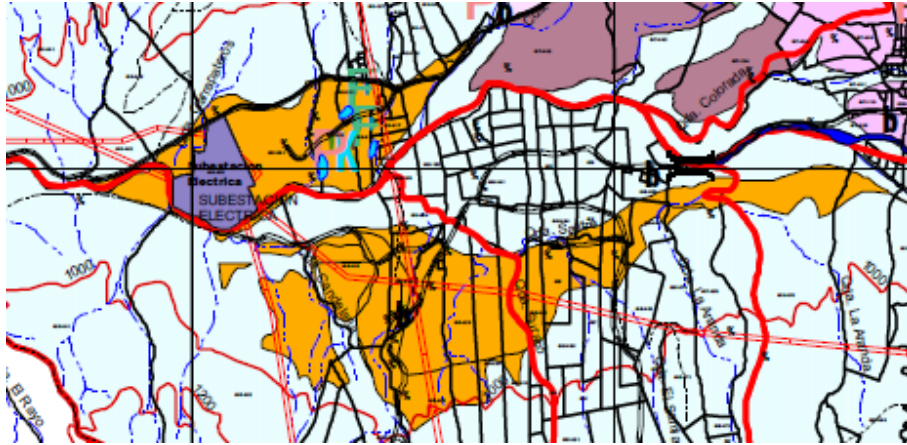
Imagen 8. Imagen satelital PP RIO DEL HATO



Fuente: Tomado de Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

- ❖ **Plan Parcial zona Industria de medio y alto impacto.** Del acuerdo No. 007 de 2007, Por el cual se adopta la primera revisión parcial del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Piedecuesta. [9]. Indica la actividad, el desarrollo de usos específicos para la industria tecnología de base limpia, para desarrollar actividades de medio y bajo impacto ambiental, que serán complementarias con las actividades agroindustriales e industriales de medio y alto impacto ubicados en la vereda Guatiguará. La zona suburbana se delimita así; por el norte, el rio del Hato, por el sur, la transversal de Guatiguará, por el oriente carretable que inicia en el punto denominado puerto nuevo.

Mapa 10. Suelo suburbano PP INDUSTRIAL



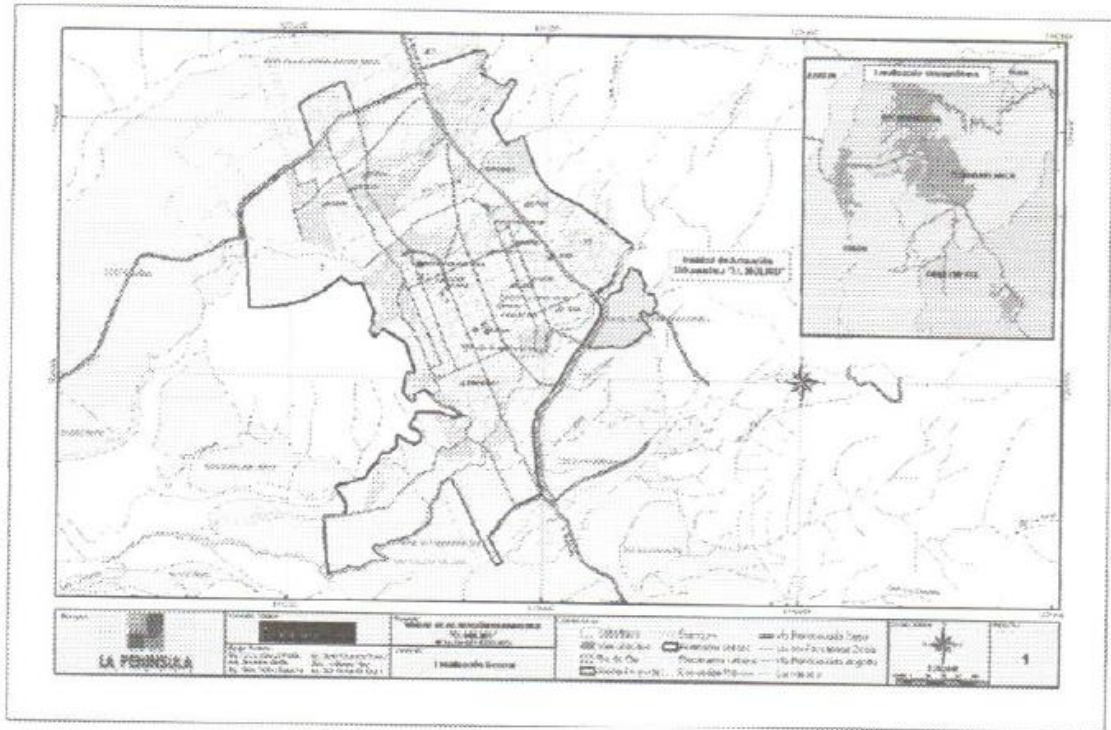
Fuente: [9]

Toda la zona del mapa según el PBOT está destinada al desarrollo Industrial de Alto y Medio impacto con una extensión territorial de más de 300 Hectáreas. El PBOT aclara en una Ficha Normativa que se destinaron 20 hectáreas para el desarrollo de proyectos Industriales. Para este sector se tendrá en cuenta el 100% del terreno, ya que a la fecha de hoy no se encuentra nada construido.

- ❖ **Expansión Sur.** El área de expansión sur contiene un total de 21.01 hectáreas. A continuación, se presentan los actuales Decretos para el desarrollo de Planes Parciales sobre el suelo de Expansión de Sur.
- ❖ **Plan Parcial EL MOLINO.** De la Resolución No. 68547 0 07 0250 1, por medio de la cual se concede viabilidad para otorgar una licencia urbanística y se adopta la unidad de actuación urbanística “EL MOLINO” [10].

El área objeto de la unidad de actuación El Molino, está ubicada sobre el costado sur oriental del municipio de Piedecuesta, con acceso directo por la autopista que de Bucaramanga condice a Bogotá, en el sector denominado área de expansión sur del municipio de Piedecuesta.

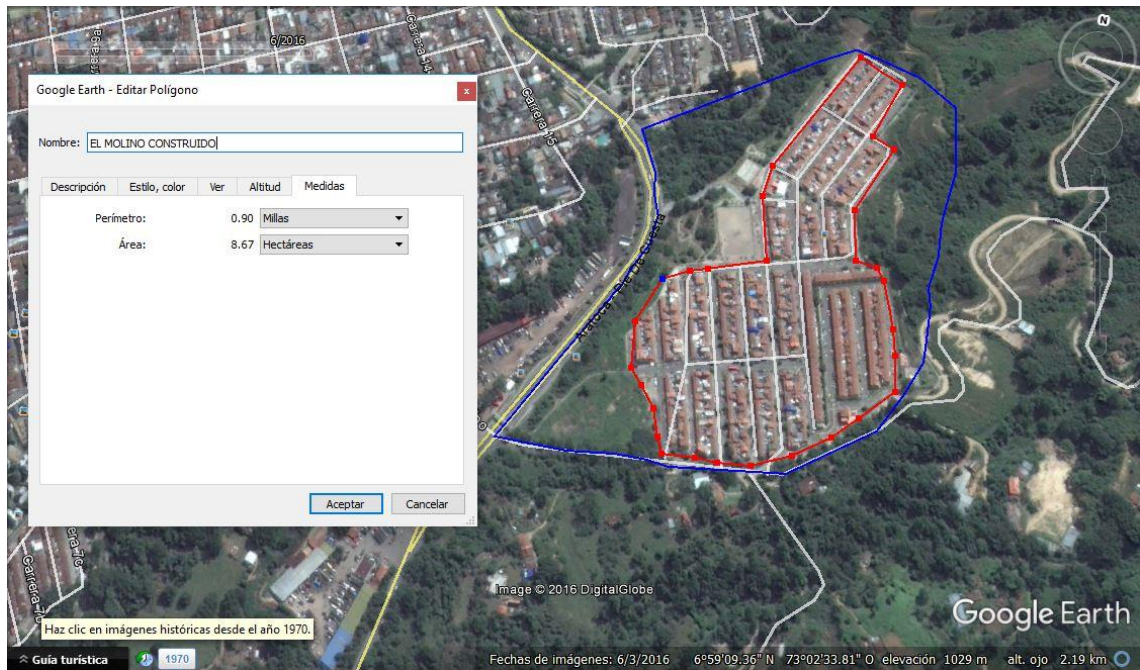
Mapa 11. Unidades de gestión del PP EL MOLINO



Fuente: [10]

El Plan Parcial EL MOLINO se observa que está más del 80% construido (Imagen 9. Imagen satelital PP EL MOLINO), pero de igual manera se tendrá en cuenta las áreas que no se ha construido para cuantificar el potencial del territorio sin construir.

Imagen 9. Imagen satelital PP EL MOLINO



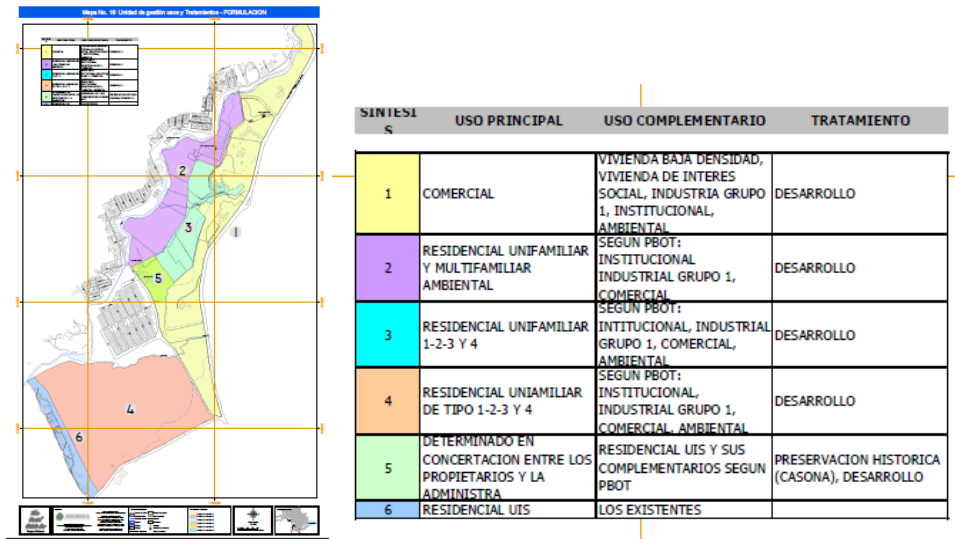
Fuente: Tomado de Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

❖ Plan Parcial DISTRITO SUR

El Decreto No. 0132 de 2006 por lo cual se adopta el Plan Parcial “Distrito Sur” [11]. Los predios están ubicados sobre la margen occidental de la autopista Bucaramanga – Piedecuesta, en el suelo denominado Distrito Sur, clasificado como de desarrollo, delimitado así, al sur con la calle 25 del municipio de Piedecuesta, al norte con el río de Oro, al oriente con la vía que de Piedecuesta conduce a Bogotá y al occidente con el barrio los Cisnes.

El plan parcial se divide en seis (6) sub zonas denominadas Unidad de Gestión, para cada unidad tiene su uso específico con un área determinada para dicho fin.

Mapa 12. Unidades de gestión del PP DISTRITO SUR

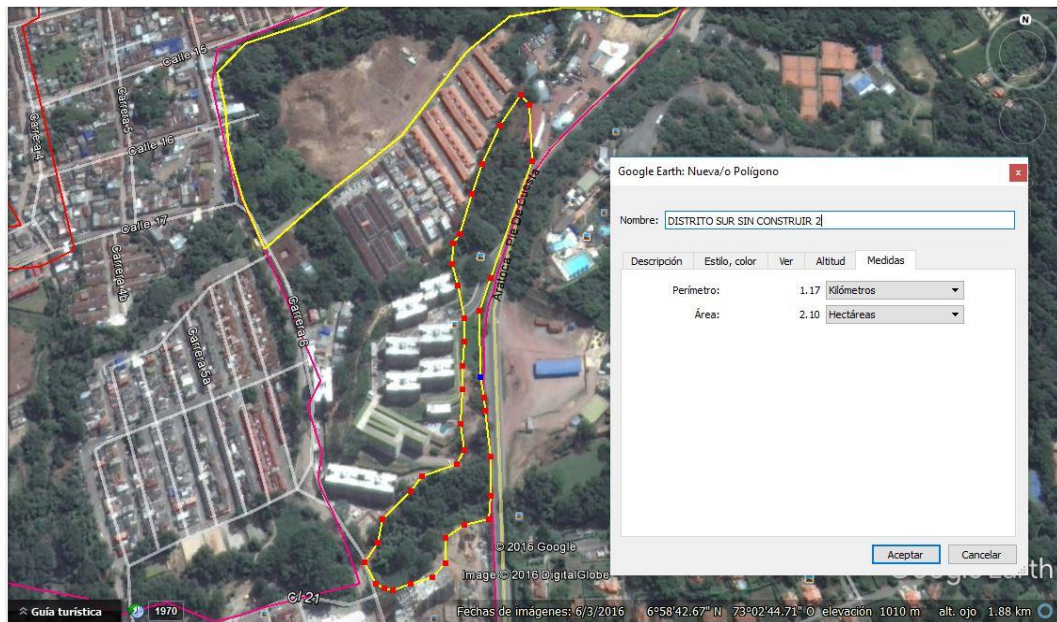


Fuente: [11]

A continuación, se presentan las zonas que no están construidas ya que el porcentaje de áreas de construcción es mayor al área sin construir entonces se enfocara en las áreas sin construir. Las unidades de gestión 1 y 4 son las que menor área de construcción presenta.

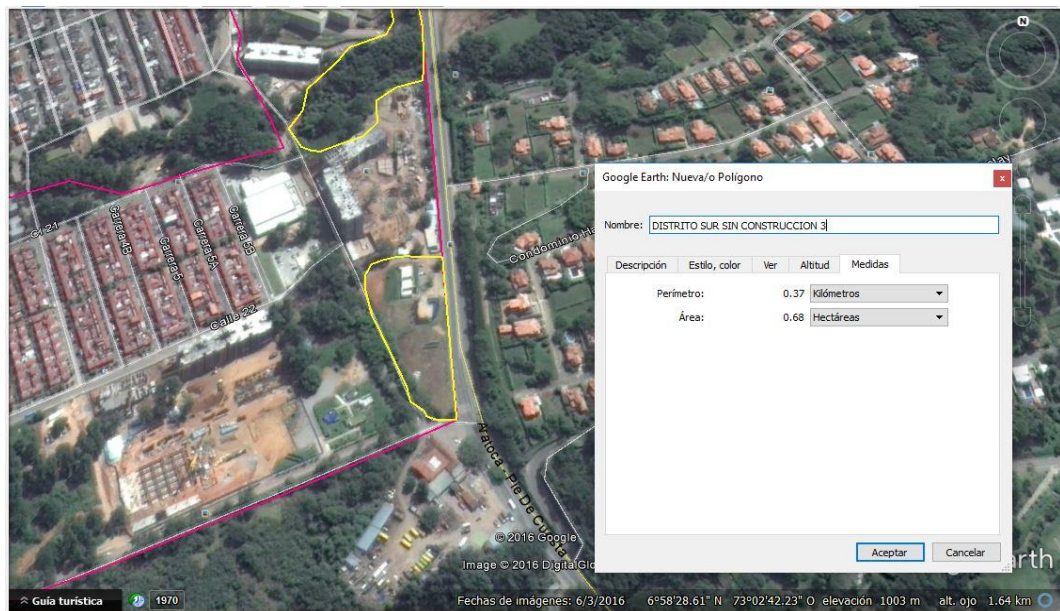
Unidad de Gestión 1: En este sector está destinado para el desarrollo comercial de la zona, se tiene dos zonas sin construir una con 2,10 hectáreas y la otra con 0,68 hectáreas, como se muestra en las siguiente Imagen 10. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG1y la Imagen 11. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG1.

Imagen 10. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG1



Fuente: Tomado de: Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

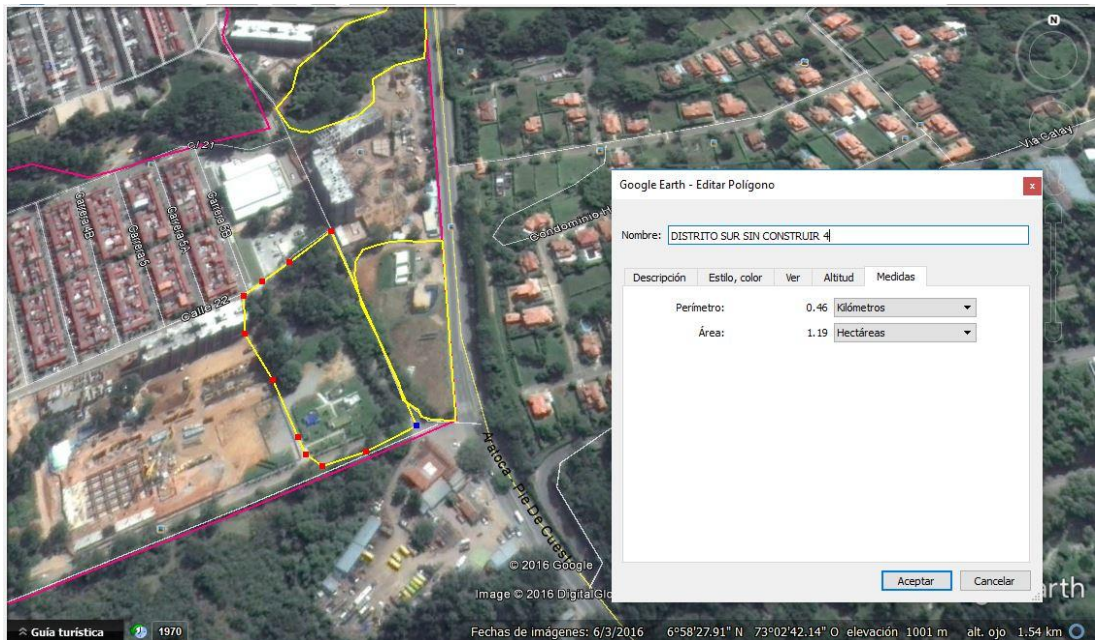
Imagen 11. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG1



Fuente: Tomado de: Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

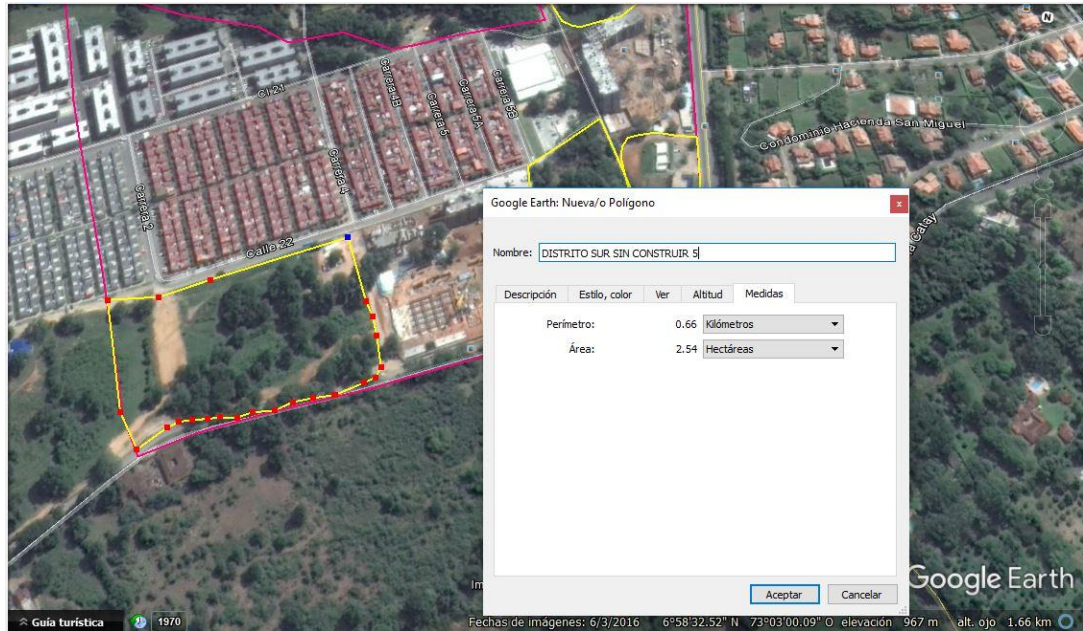
Unidad de Gestión 4: sector destinado para el desarrollo de viviendas, a la fecha de junio - 2016 están construidas 1,19 hectáreas y 2,54 hectáreas. Como se evidencia en las dos siguientes imágenes, Imagen 12. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG4 y la Imagen 13. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG4.

Imagen 12. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG4



Fuente: Tomado de: Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

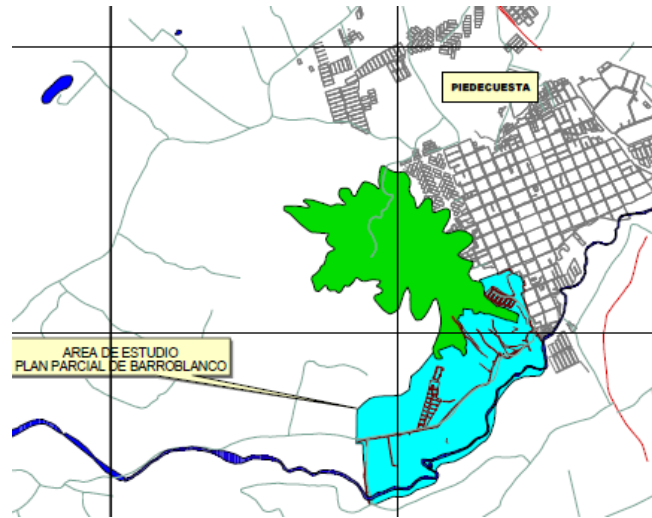
Imagen 13. Imagen satelital PP DISTRITO SUR – UG4



Fuente: Tomado de: Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

- ❖ **Plan Parcial BARROBLANCO.** El Decreto No. 0063 del 2006, por el cual se adopta el Plan Parcial “BARROBLANCO” [12]. El lote objeto de este plan parcial, está ubicado en el sector sur del casco urbano del Municipio de Piedecuesta, en límites con el suelo sub urbano de Barroblanquito, sus límites son: al sur con el rio de Oro, al norte con la cota limite 1000 del parque cerro de la Cantera; al occidente con el parque Silvopastoril y el suelo suburbano de Barroblanquito, al oriente con la carrera 4° y la quebrada Barroblanquito.

Mapa 13. Unidades de gestión del PP BARROBLANQUITO

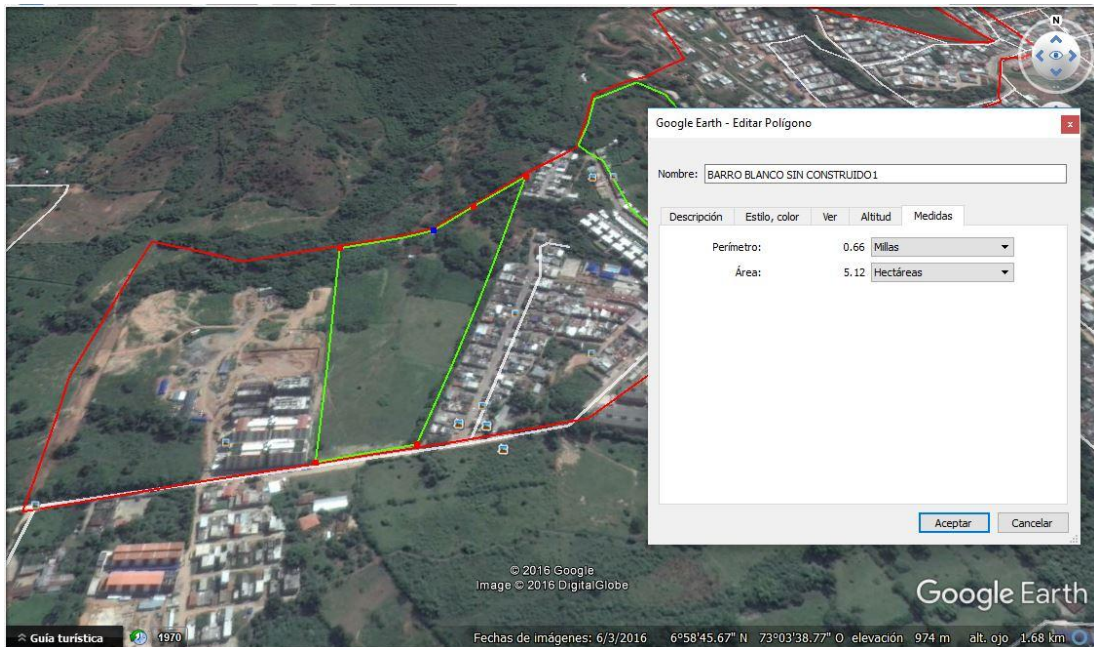


Fuente: [12]

Actualmente en este sector conocido como Barroblanco se están desarrollando proyectos residenciales de gran impacto, según el PBOT el área de este plan parcial está destinado para el desarrollo de viviendas. En este Plan Parcial a la fecha de Junio – 2016, quedan dos terrenos sin urbanizar. El primer terreno con una extensión de 5,12 hectáreas. El segundo terreno con una extensión de 5,0 hectáreas.

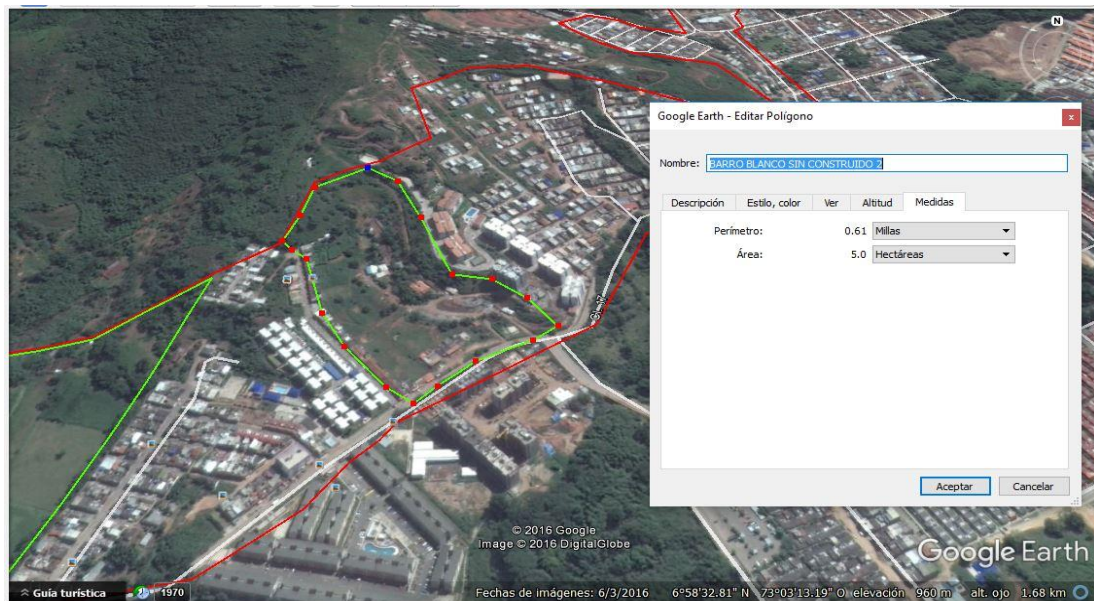
Las dos siguientes imágenes, Imagen 14. Imagen satelital PP BARROBLANCO – UG1 y la Imagen 15. Imagen satelital PP BARROBLANCO – UG2 muestran en totalidad el Plan Parcial y las dos zonas sin urbanizar en la fecha de junio – 2016.

Imagen 14. Imagen satelital PP BARROBLANCO – UG1



Fuente: Tomado de Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

Imagen 15. Imagen satelital PP BARROBLANCO – UG2



Fuente: Tomado de Google Earth, fecha 05 de marzo de 2017

- ❖ **Resultados del análisis del PBOT y Planes Parciales.** Los procedimientos y formulación matemática están dentro del ANEXO M". A continuación, se presenta en resumen la cantidad de viviendas en la Tabla 31.

Tabla 31. Cantidad de viviendas por Plan Parcial

DECRETO	PLAN PARCIAL	CANTIDAD DE VIVIENDAS	CIRCUITO
Resolución 250 – 1 de 2007	El Molino	284	34 503
Decreto No. 132 de 2006	Distrito Sur	466	
Decreto No. 063 de 2006	Barroblanco	810	37 503
Decreto No. 136 de 2012	Tablanca	3241	41 502
Decreto No. 038 de 2006	Rio del Hato	3583	
Decreto No. 269 de 2011	Fcv	1603	
Decreto No. 041 de 2008	Hipinto	0	41 503
Decreto No. 118 de 2006	Guatiguara	756	
Acuerdo No. 007 de 2007	Zona Industria	0	

En la siguiente Tabla 32, se presentan las aéreas obtenidos de los planes parciales de uso comercial, industrial y oficial.

Tabla 32. Áreas totales del sector Comercial, Industrial y Oficial

DECRETO	PLAN PARCIAL	UNIDAD DE GESTION	USO DEL SUELO	AREA [m ²]
Decreto No. 041 de 2008	HIPINTO	UGES 4	Comercial Mayor	18040,14
		UME 1	Comercial Mayor	10320,14
Decreto No. 038 de 2006	RIO DEL HATO	9	Institucional Educativo	21926
Decreto No. 118 de 2006	GUATIGUARA	UG3	Comercial Mayor	15078,261
		UG4	Industria de Medio y Bajo Impacto	15078,261
Acuerdo No. 007 de 2007	ZONA INDUSTRIAL	Industria de alto y medio impacto, plantas de tratamiento y/o disposición de residuos sólidos, especiales y de rechazo de zonas francas.		80000
Decreto No. 269 de 2011	FCV	UG1	Comercial Mayor	121930
		UG1	Comercial Mayor	4700
		UG1	Comercial Mayor	87880
		UG2	Comercial Mayor	130830

5.3 CLIENTES DISTRIBUIDOS POR CIRCUITOS EN EL MEDIANO PLAZO 2019-2021

Para realizar la distribución de clientes residenciales se implementará el modelo utilizado en la consultoría realizada por la Universidad Nacional de Colombia a la ESSA en el año 2013 en el área metropolitana de Bucaramanga.

5.3.1 Distribución clientes Residenciales. La distribución los de los clientes residenciales se realizará teniendo en cuenta la preferencia inicial del municipio, en el caso residencial se utilizará adicionalmente el factor de GOMPERTZ como se explicó en el primer capítulo.

Para la implementación del factor de GOMPERTZ es necesario calcular el porcentaje de ocupación que tiene cada circuito.

No se tendrá en cuenta crecimiento de vivienda por redensificación, debido a que existen terrenos aun por construir que no se encuentran alejados del centro del municipio y por recomendación del codirector.

❖ **Calculo de factor de corrección de Gompertz.** Luego de tener el porcentaje de ocupación se clasificará los circuitos en una de las cuatro zonas de la curva de GOOMPERTZ, siendo la zona cuatro la que presenta mayor densidad, y la zona uno la de menor densidad, los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 33.

Dentro del ANEXO N, se encuentra el desarrollo y la formulación matemática de la Tabla 33.

Tabla 33. Calculo del factor de Gompertz

Circuito 13.2 kV	Nombre del circuito	Delta clientes 2016-2018	Preferencia inicial de VIVIENDAS 2016 - 2018	Proyección Holt de viviendas al 2019 al 2021	POTENCIAL DE TERRITORIO (PBOT)**	Preferencia inicial x2*	TOTAL POTENCIAL TERRITORIO AÑO >2018	Total VIVIENDAS del territorio	Porcentaje de ocupación del territorio año 2019	Clasificación Zona curva Gompertz	Factor corrección Gompertz
34 503	Cabecera 3	321	107		750		750	1071	30%	Z2	1.30
37 501	San Cristóbal 1	858	286			572	572	1430	60%	Z3	1.00
37 502	San Cristóbal 2	489	163			326	326	815	60%	Z3	1.00
37 503	San Cristóbal 3	4699	1566		810		810	5509	85%	Z4	0.74
37 504	San Cristóbal 4	78	26			52	52	130	60%	Z3	1.00
41 501	Granja 1	2075	692			1383.3	1383	3458	60%	Z3	1.00
41 502	Granja 2	1171	390		8427		8427	9598	12%	Z2	1.03
41 503	Granja 3	539	180		755		755	1294	42%	Z3	1.00
TOTAL	PIEDECUESTA	10230	3410	6168			13075	23305	44%		

* Como el municipio de Piedecuesta se desprecia el re densificación, para los circuitos que no cuenten con territorio en el PBOT para su expansión, se le aplica la preferencia inicial multiplicado por 2. Esto es un criterio propio de la metodología.

** El potencial del territorio fue calculado teniendo en cuenta el territorio disponible para construcción residencial con base a los planes parciales.

Se puede observar que los circuitos luego de la primera distribución de clientes residenciales tienen un alto nivel de densidad siendo el mayor el circuito 37 503, siendo coherente dado que la región de Barroblanco ha sido en los últimos años, y el circuito 41 502 es el circuito con mayor potencial del territorio cuenta abarcando los panes parciales de Rio del Hato, Tablanca, FCV.

❖ **Primera distribución de la proyección con Gompertz.** Luego de obtener el factor de corrección de GOMPERTZ se multiplicará con la preferencia inicial sin corregir, obteniendo una nueva preferencia inicial afectada con los factores de GOMPERTZ, con estos se realiza una distribución del delta de crecimiento que se tiene de la proyección global y se verifica que la distribución no sobre pase el potencial del mismo y se acota, y se vuelve a verificar el factor de corrección de GOMPERTZ.

Como se puede observar en la siguiente tabla 34.

Tabla 34. Primera distribución con Gompertz.

Circuito 13.2 kV	Preferencia inicial de clientes corregida con Gompertz	Proporción de distribución de clientes	1a. Distribución clientes en el territorio 2018	Verificación del tope del potencial de clientes totales	Porcentaje de ocupación	2a. clasificación Zona curva Gompertz	Factor corrección Gompertz
34 503	139	5%	282	282	56%	Z3	1.00
37 501	286	9%	580	572	100%	Z4	0.00
37 502	163	5%	331	326	100%	Z4	0.00
37 503	1152	38%	2336	810	100%	Z4	0.00
37 504	26	1%	53	52	100%	Z4	0.00
41 501	692	23%	1403	1383	100%	Z4	0.00
41 502	403	13%	818	818	21%	Z2	1.16
41 503	180	6%	365	365	70%	Z3	1.00
TOTAL	3040	100%	6168	4608	1560		

Se realizó la primera distribución del delta de la proyección la cual es de 6168 clientes nuevos, posteriormente se verifica que el número de clientes por circuito no supere el número de clientes potenciales del mismo, de superarlo se acota, y se vuelve a realizar un segundo porcentaje de ocupación y factor de corrección de GOMPERTZ.

Nótese que los circuitos 37 501, 37 502, 37 503, 37 504 y 41 501 estarían al 100% de su porcentaje de ocupación y aun haciendo falta por distribuir 1560 clientes, por lo cual se hace necesario una nueva distribución.

❖ **Segunda distribución de la proyección con Gompertz.** Luego de tener el segundo factor de corrección y teniendo aun unos clientes por distribuir se multiplica de nuevo el factor de corrección por la preferencia inicial de clientes, obteniendo así una nueva preferencia inicial corregida por segunda vez, luego de esta se distribuye los 1560 clientes que faltaban por distribuir basados en esta. El desarrollo de esta lo podemos observar en la siguiente Tabla 35.

Tabla 35. Segunda distribución 2021 y obtención de viviendas totales

Circuito 13.2 kV	Preferencia corregida	2a. proporción	2a. distribución	SUMA 1a y 2da Distribución	2da Verificación del tope del potencial de clientes totales	Distribución total, 1a + 2da distribución	Ocupación Final	%Ocupación Final
34 503	139.06	18%	276	558	276	558	879	82%
37 501	0.00	0%	0	572	0	572	1430	100%
37 502	0.00	0%	0	326	0	326	815	100%
37 503	0.00	0%	0	810	0	810	5509	100%
37 504	0.00	0%	0	52	0	52	130	100%
41 501	0.00	0%	0	1383	0	1383	3458	100%
41 502	468.08	59%	928	1746	928	1746	2917	30%
41 503	179.67	23%	356	721	356	721	1260	97%
TOTAL	787	100%	1560	6168	1560	6168	16398	

5.3.2 Distribución clientes comercial, industrial y oficial. Para el desarrollo de la distribución de clientes Comerciales, Industriales y Oficiales a mediano plazo, es necesario contar con la distribución inicial de clientes del año 2018 y con la proyección Global de clientes Holt al año 2021.

En el ANEXO O, Este desarrollado el procedimiento y la formulación matemática, en la siguiente Tabla 36, se presenta los resultados obtenidos.

Tabla 36. Distribución de clientes Comercial, Industrial y Oficial 2021

Circuito	Porcentaje de participación 2018	Distribución Comercial año 2021	Porcentaje de participación 2018	Distribución Industrial año 2021	Porcentaje de participación 2018	Distribución Oficial año 2021
34 503	5,21%	200	5,26%	29	9%	13
37 501	13,92%	536	12,28%	68	17%	26
37 502	7,95%	306	8,77%	49	9%	13
37 503	31,45%	1211	31,58%	175	23%	36
37 504	1,26%	49	0,00%	0	11%	16
41 501	24,16%	930	28,07%	155	15%	23
41 502	10,25%	394	10,53%	58	17%	26
41 503	5,81%	224	3,51%	19	0%	0
	100%	3850	100%	553	100%	153

5.4 CLIENTES DISTRIBUIDOS POR CIRCUITOS EN EL LARGO PLAZO 2022-2025

Para la distribución a largo plazo se seguirá utilizando la preferencia calculada en la proyección a corto plazo, debido a que este cuenta con un componente determinístico el cual nos dará una mejor aproximación.

5.4.1 Distribución clientes residenciales largo plazo. Para esta etapa se utilizará el mismo proceso que para mediano plazo, solo se realiza un ajuste al potencial del territorio el cual sería igual a el potencial en el 2019 menos la

distribución de clientes por circuito en el 2021, esto dándonos un potencial real al inicio de esta etapa.

En la tabla 35. Se dará el final de la distribución de clientes, resultado de la suma de las dos distribuciones.

Tabla 37. Distribución de clientes largo plazo

Circuito 13.2 kV	Factor corrección Gompertz	Preferencia corregida	2a. proporción	2a. distribución	SUMA 1a y 2da Distribución	2da Verificación del tope del potencial de clientes totales	Distribución total, 1a + 2da distribución	Ocupación Final	Porcentaje de ocupación Final
34 503	0.0	0.00	0%	0	192	0	192	1071	100%
37 501	0.0	0.00	0%	0	0	0	0	1430	100%
37 502	0.0	0.00	0%	0	0	0	0	815	100%
37 503	0.0	0.00	0%	0	0	0	0	5509	100%
37 504	0.0	0.00	0%	0	0	0	0	130	100%
41 501	0.0	0.00	0%	0	0	0	0	3458	100%
41 502	0.2	78.76	100%	1704	7998	1704	7998	10915	114%
41 503	0.0	0.00	0%	0	34	0	34	1294	100%
TOTAL		79		1704	8224	1704	8224	24622	105.7%

Se puede observar el circuito 41 502 es el único circuito que se encuentra en la zona tres (Z3) por ser el circuito que cuenta con mayor potencial del territorio por lo cual nos implica que esta etapa se va a centrar prácticamente en este circuito. Adicionalmente este circuito tiene una ocupación final de 114%, lo cual indica que potencial de vivienda con el que cuenta Piedecuesta en el PBOT y planes parciales no es suficiente para el crecimiento en diez años.

5.4.2 Distribución clientes comercial, industrial y oficial. Igualmente, que, en el mediano plazo, el desarrollo de la distribución de clientes Comerciales, Industriales y Oficiales a largo plazo, es necesario contar con la distribución inicial de clientes del año 2018 y con el delta de la proyección Global de clientes Holt del año 2021 y el año 2025.

En el ANEXO O, Este desarrollado el procedimiento y la formulación matemática, se presenta los resultados obtenidos.

Tabla 38. Distribución de clientes Comercial, Industrial y Oficial 2025

CODIGO	Porcentaje de participación 2018	Distribución Comercial año 2025	Porcentaje de participación 2018	Distribución Industrial año 2025	Porcentaje de participación 2018	Distribución Oficial año 2025
34 503	5,21%	38	5,26%	5	9%	1
37 501	13,92%	102	12,28%	11	17%	3
37 502	7,95%	58	8,77%	8	9%	1
37 503	31,45%	230	31,58%	29	23%	4
37 504	1,26%	9	0,00%	0	11%	2
41 501	24,16%	176	28,07%	26	15%	3
41 502	10,25%	75	10,53%	10	17%	3
41 503	5,81%	42	3,51%	3	0%	0
	100%	730	100%	553	100%	17

5.5 POTENCIAS POR CIRCUITOS PARA MEDIANO Y LARGO PLAZO

Para el desarrollo de este ítem es necesario contar con los kVA/Instalación obtenidos en el primer periodo de planeación y además con los clientes RICO distribuidos en el anterior ítem, al hacer el producto entre los kVA/Instalación por los clientes distribuidos se obtiene los kVA para los años de planeación 2021 y 2025 respectivamente. En el ANEXO O, Este desarrollado el procedimiento y la formulación matemática, se presenta los resultados obtenidos. Hoja “*POTENCIAS*”. Este desarrollado el procedimiento y la formulación matemática.

Con la ayuda del TACC se distribuye las potencias en los años de planeación, para el mediano plazo se toma la potencia obtenida del 2018 y la potencia obtenida en el año 2021. Se obtiene el TACC que es una medida de crecimiento constante, con este factor se distribuye las potencias para el mediano plazo.

De igual forma se hace para el largo plazo, pero a diferencia que se toma las potencias de los años 2021 y 2025 respectivamente, se obtiene nuevamente el TACC y se distribuye las potencias en los años de planeación.

La potencia para el año 2018, se obtuvo en el primer periodo de planeación. En la Tabla 39, se presentan las potencias definitivas para el mediano plazo.

Tabla 39. Potencias obtenidas mediano plazo

CODIGO	NOMBRE	DEMANDA 2018 (MVA)	DEMANDA 2019 (MVA)	DEMANDA 2020 (MVA)	DEMANDA 2021 (MVA)	TACC 2015 - 2017
34 503	CABECERA 3	1.51	1.65	1.91	2.21	13.55%
37 501	SAN CRISTOBAL 1	1.97	2.17	2.62	3.16	17.01%
37 502	SAN CRISTOBAL 2	1.87	2.04	2.34	2.69	12.91%
37 503	SAN CRISTOBAL 3	3.68	4.06	4.87	5.83	16.58%
37 504	SAN CRISTOBAL 4	0.56	0.59	0.64	0.68	6.81%
41 501	GRANJA 1	4.62	5.06	5.88	6.83	13.92%
41 502	GRANJA 2	2.99	3.31	4.16	5.22	20.42%
41 503	GRANJA 3	1.10	1.22	1.51	1.88	19.50%

En la Tabla 40, se presentan las potencias obtenidas para el largo plazo.

Tabla 40. Potencias obtenidas largo plazo

CODIGO	NOMBRE	DEMANDA 2022 (MVA)	DEMANDA 2023 (MVA)	DEMANDA 2024 (MVA)	DEMANDA 2025 (MVA)	TACC 2015 - 2017
34 503	CABECERA 3	2.24	2.28	2.32	2.36	1.73%
37 501	SAN CRISTOBAL 1	3.20	3.25	3.29	3.34	1.43%
37 502	SAN CRISTOBAL 2	2.72	2.75	2.78	2.81	1.13%
37 503	SAN CRISTOBAL 3	5.91	6.00	6.09	6.17	1.42%
37 504	SAN CRISTOBAL 4	0.69	0.69	0.69	0.70	0.60%
41 501	GRANJA 1	6.90	6.98	7.05	7.13	1.10%
41 502	GRANJA 2	5.61	6.49	7.51	8.68	13.55%
41 503	GRANJA 3	1.90	1.93	1.95	1.98	1.29%

5.6 POTENCIAS POR CIRCUITOS PARA MEDIANO Y LARGO PLAZO CON PROYECTOS PUNTUALES

En esta sección se estudian las áreas obtenidas de los Planes Parciales destinadas para el desarrollo de Comercios e Industrias dentro de las zonas de expansión, dichas áreas se transforman en potencia mediante un factor (kVA/m^2), A continuación, se presenta el procedimiento para la obtención del kVA/m^2 .

5.6.1 Obtención del kVA/m^2 . Una vez obtenido el número de Viviendas y las áreas del sector Comercial, Industrial y Oficial, el segundo paso es obtener una estimación de potencia (kVA) de dichas viviendas y áreas, para ello se necesita tener una relación de kVA/m^2 por tipo de usuario. La siguiente tabla presenta el procedimiento para la obtención de kVA/m^2 .

La siguiente Tabla 41, se obtuvo del *“Documento general proyección espacial de la demanda de potencia del área metropolitana de Bucaramanga – SDL de ESSA 2013 – 2028”* [1], de esta referencia se obtuvo los valores de kVA/m^2 calculados previamente en este estudio.

Tabla 41. Obtención del kVA/m²

Obtención del kVA/m ²				
Sector	Empresa	Área Construida [m ²]	Demanda de Potencia [kVA]	kVA/m ²
Industria de Alto y Medio Impacto	Hipinto Guatiguará	11000	1030	0,094
	Bavaria	25000	2676	0,107
Promedio de Industria de Alto y Medio Impacto		36000	3706	0,103
Industria Tecnológica	Parque Tecnológico de Guatiguará UIS	13000	520	0,040
	Zona Franca Rio Frio Chala	9990	183	0,018
	Zona Franca Rio Frio Suhe	372	34	0,090
	Zona Franca Rio Frio Vita	1122	43	0,038
	Sede ESSA	9604	351	0,037
Promedio de Industria Tecnológica		34088	1131	0,033
Comercial Mayor	C.C. Megamall	50000	1481	0,033
	C.C. San Silvestre	50000	1584	0,030
Promedio de Comercial Mayor		100000	3065	0,031
Comercial Menor	C.C. Cabecera IV Etapa	10504	239	0,023
	C.C. cabecera V Etapa	49000	777	0,016
Promedio de Comercial Menor		59504	1016	0,017

Ya obtenidos los kVA/m² se procede a estimar las potencias de las áreas obtenidas de los Planes Parciales, A continuación, se presenta en la Tabla 42 las potencias obtenidas.

El año de puesta en servicio de los proyectos puntuales se escogió teniendo en cuenta en que zona de desarrollo urbano se encuentra, que cuente con los servicios públicos domiciliarios, que cuente con vías de acceso de primer y segundo nivel y además que cuente con PTAR.

Tabla 42. Potencias de los proyectos puntuales

DECRETO	PLAN PARCIAL	UNIDAD DE GESTION	USO	AREA [m2]	kVA/m2	KVA	MVA	AÑO DE PUESTA EN SERVICIO
Decreto No. 041 de 2008	HIPINTO	UGES 4	Comercial Mayor	18040,14	0,031	559,24	0,56	2022
		UME 1	Comercial Mayor	10320,14	0,031	319,92	0,32	2023
Decreto No. 038 de 2006	RIO DEL HATO	9	Institucional Educativo	21926	0,031	679,71	0,68	2021
Decreto No. 118 de 2006	GUATIGUARA	UG3	Comercial Mayor	15078,261	0,031	467,42	0,47	2025
		UG4	Industria de Medio y Bajo Impacto	15078,261	0,038	572,97	0,57	2025
Acuerdo No. 007 de 2007	ZONA INDUSTRIAL	Industria de alto y medio impacto, plantas de tratamiento y/o disposición de residuos sólidos, especiales y de rechazo de zonas francas.		80000	0,103	8240	8,24	2025
Decreto No. 269 de 2011	FCV	UG1	Comercial Mayor	121930	0,037	4511,41	4,51	2023
		UG1	Comercial Mayor	4700	0,037	173,90	0,17	2021
		UG1	Comercial Mayor	87880	0,037	3251,56	3,25	2020
		UG2	Comercial Mayor	130830	0,037	4840,71	4,84	2024

Observaciones. En reunión con el Ingeniero, Guillermo Beltrán Profesional de Planeación ESSA, se nos manifestó el criterio para la selección de proyectos puntuales, es aquel proyecto que supere 500 kVA, por tal motivo los proyectos menores a 500 kVA no se tienen en cuenta, estos se tuvieron en cuenta en la proyección estadística.

Debido a que no se sabe con exactitud lo que se vaya a construir dentro del área del plan parcial, pero se conoce que el suelo está destinado para un tipo de cliente, por tal motivo todo lo que se vaya a construir dentro del área ira conectado a 13.2 kV. A continuación, se presenta una nueva Tabla 43 teniendo en cuenta las observaciones mencionadas anteriormente.

Tabla 43. Potencia de los proyectos puntuales definitivos

PLAN PARCIAL	UNIDAD DE GESTION	USO	AREA [m2]	kVA/m2	KVA	MVA	AÑO	APOYO
HIPINTO	UGES 4	Comercial Mayor	18040,14	0,031	559,24	0,56	2022	2208482
RIO DEL HATO	9	Institucional Educativo	21926	0,031	679,70	0,68	2021	1399349
GUATIGUARA	UG4	Industria de Medio y Bajo Impacto	15078,261	0,038	572,973	0,57	2025	2263122
ZONA INDUSTRIAL	Industria de alto y medio impacto, plantas de tratamiento y/o disposición de residuos sólidos, especiales y de rechazo de zonas francas.		80000	0,103	8240	8,24	2025	2261707
FCV	UG1	Comercial Mayor	121930	0,037	4511,41	4,51	2023	1529773
	UG1	Comercial Mayor	87880	0,037	3251,56	3,25	2020	
	UG2	Comercial Mayor	130830	0,037	4840,71	4,84	2024	

6. SIMULACIÓN Y DIAGNOSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCION NIVEL II DE TENSIÓN

Una vez obtenidas las potencias distribuidas en los años de planeación del 2016 – 2025, se utiliza la herramienta DIGSILENT (Power Factory) para simular los flujos de potencia año a año para cada circuito. La ESSA epm suministro la base de datos con los circuitos de Piedecuesta. Dicha base de datos está en el ANEXO P. El software se alimentó primeramente con las potencias máximas del año 2015 por circuito suministrado por la ESSA epm, adicionalmente se calcula el factor de escala para diversificar las potencias obtenidas con la proyección de Holt, posteriormente se adicionaron los Proyectos Puntuales en su respectivo apoyo y finalmente se procedió a realizar la simulación.

Para realizar una simulación detallada, se decidió separar los Proyectos Puntuales obtenidos a mediano y largo plazo de la proyección a corto plazo, ya que los Proyectos Puntuales representan potencias por encima de 500 kVA y para el sistema de distribución de 13.2 kV afectaría el sistema de media tensión y así no se podrá observar el comportamiento de la red con la proyección estadística. Por tal motivo esta sección se divide en dos partes, la primera en simulación sin proyectos puntuales y una segunda simulación incluyendo dichos proyectos puntuales.

Además de estas dos simulaciones, se analizará los transformadores de media tensión de las subestaciones principales, analizando su cargabilidad frente al horizonte de planeación.

Según la resolución 025 del 1995 de la CREG, El criterio para la Regulación es que la tensión no supere ni esté por debajo del 10% de la nominal, generalmente las redes de media tensión presentan un comportamiento inductivo por tal motivo

la tensión no debe estar por debajo de 0.9 en pu Y por otra parte las líneas de media tensión se escoge el criterio de cargabilidad al 100%.

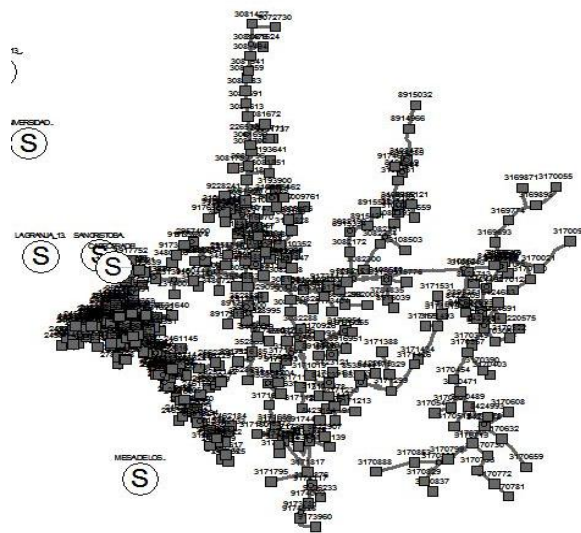
A continuación, se expone los resultados obtenidos, dando énfasis a la cargabilidad de las líneas de distribución 13.2 kV y en los perfiles de tensión para el análisis de regulación de tensión.

6.1 SIMULACIÓN Y DIAGNOSTICO SIN PROYECTOS PUNTUALES

En esta sección se analizará por circuito las proyecciones obtenidas dentro del periodo de planeación 2016 – 2025 sin incluir los Proyectos Puntuales de mediano y largo plazo, el diagnostico se hará a nivel de circuito.

6.1.1 Circuito 34 503 – Cabecera del Llano. El tercer y único circuito de la subestación Cabecera del Llano alimenta una parte de la zona sur del casco urbano de Piedecuesta y además alimenta las zonas rurales del municipio, este circuito por su gran longitud, es un circuito de consideración rural ya que gran parte de los activos del mismo están en las zonas rurales.

Imagen 16. Circuito georreferenciado 31 503, *se observa en DigSilent*



A continuación, se presenta en la Imagen 17. Cargabilidad en las líneas del circuito 34 503, el listado de las líneas presentes en el circuito 34 503, en la columna *Loading %*, se observa las cargabilidad en porcentaje.

Imagen 17. Cargabilidad en las líneas del circuito 34 503

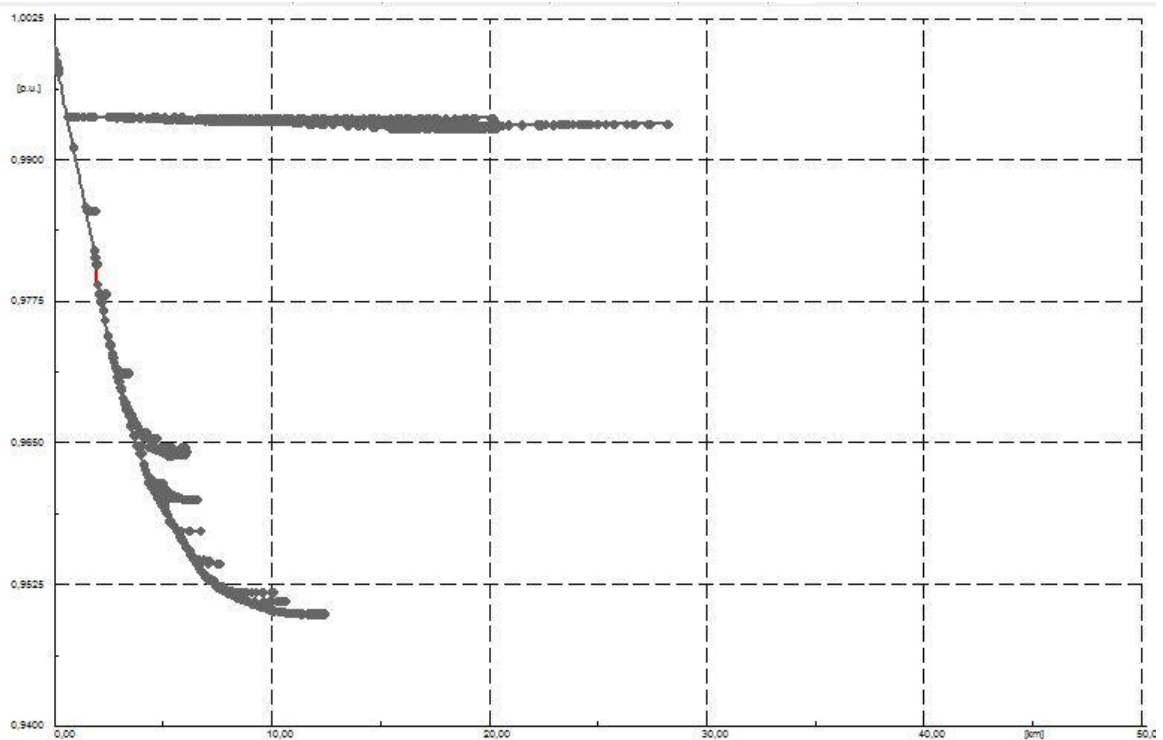
uitos\34 503 :

Name	Terminal i StaCubic	Terminal i Busbar	Terminal j StaCubic	Terminal j Busbar	u, Magnitude Terminal i in p.u.	u, Magnitude Terminal j in p.u.	Loading %	Capacitive Loading Mvar
25520		2531518	2531526	2531526A	0,978965	0,980728	82,77946	0,0000592
25522	2531526	2531526C		2531542	0,980752	0,981377	82,77782	0,0000210
25523		2531542		2531551	0,981377	0,981981	82,77754	0,0000203
22033		1397583	2313782	2313782A	0,997606	0,993789	48,35907	0,0003048
18230		1378856		1397583	0,997859	0,997606	48,35695	0,0000202
18228		1378848		1378856	0,998155	0,997859	48,35681	0,0000237
18227		1380109		1378848	0,998620	0,998155	48,35665	0,0000373
18226	1380079	1380079B		1380109	0,999319	0,998620	48,35639	0,0000561
18225		1397559	1380079	1380079B	0,999623	0,999319	48,356	0,0000244
18223		1397541		1397559	0,999941	0,999623	48,35583	0,0000256
721516		1397541	CABECERA D	CABECERA	0,999941	1,	48,35566	0,0000047
25515	2531470	2531470A		2531488	0,975847	0,976692	47,74741	0,0000650
25516		2531488		2531496	0,976692	0,977467	47,74691	0,0000597
25517		2531496		2531500	0,977467	0,978114	47,74645	0,0000500
25519		2531500		2531518	0,978114	0,978965	47,74467	0,0000657
25525		2531551		2531577	0,981981	0,985427	47,74291	0,0002694
25528		2531585		2531577	0,985813	0,985427	47,73723	0,0000302
25529		2531585	2531593	2531593A	0,985813	0,991054	47,737	0,0004136
25530	2531593	2531593A	2313782	2313782C	0,991054	0,993778	47,73385	0,0002166
25514	2245094	2245094B	2531470	2531470A	0,974446	0,975847	47,45688	0,0001083
25512		2245078		2245086	0,972839	0,973652	46,36369	0,0000641
709813		2245086	2245094	2245094E	0,973652	0,974427	46,36319	0,0000611
25511	1186582	1186582A		2245078	0,972546	0,972839	40,63164	0,0000278
709820	1186612	1186612A		1186604	0,971341	0,971651	39,67167	0,0000301
709815		1186591		1186604	0,972107	0,971651	39,67147	0,0000443
709814	1186582	1186582A		1186591	0,972546	0,972107	39,67117	0,0000428
719163		5585724		1186639	0,970380	0,970640	37,74808	0,0000264
709818		1186621		1186639	0,970809	0,970640	37,74791	0,0000173
709816	1186612	1186612A		1186621	0,971341	0,970809	37,74779	0,0000543
719145		5585767	5585759	5585759D	0,968494	0,968944	37,40713	0,0000461
719150	5585759	5585759C		5585741	0,968944	0,969592	37,40682	0,0000665
719154		5585741		5585732	0,969592	0,969916	37,40637	0,0000333
719161		5585732		5585724	0,969916	0,970380	37,40615	0,0000477
25369	2459418	2459418A		2459434	0,965661	0,966506	33,66255	0,0000903

De la imagen anterior se observa que ninguna línea del circuito presenta sobrecarga al horizonte de 2025, es decir no superar el umbral del 100%, a lo máximo fueron tres líneas que llegaron al 83% de su cargabilidad.

En la siguiente Imagen 18. Perfil de tensión 34 503, se presenta el perfil de tensión obtenido de DigSilent.

Imagen 18. Perfil de tensión 34 503

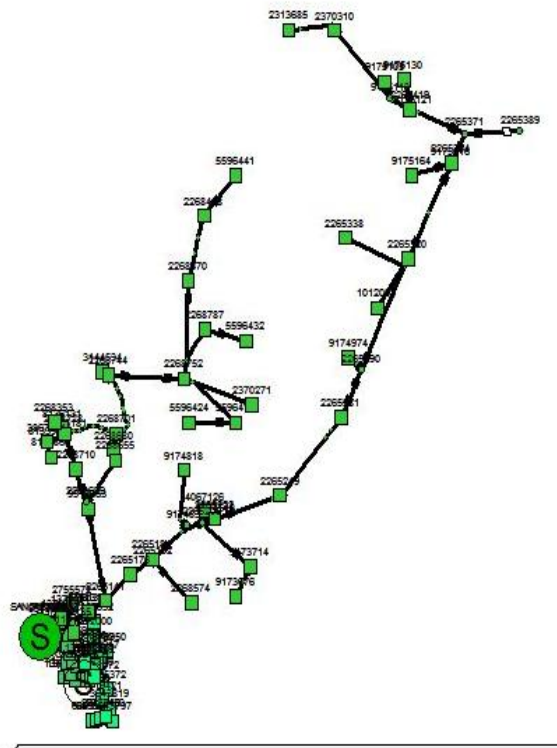


Frente al horizonte de planeación 2025, la regulación de tensión se mantiene dentro de los criterios de la resolución CREG 025 del 1995, que no esté por debajo de 0.9 en pu, al año 2025 y al apoyo más lejano la tensión cae aproximadamente a 0.95 en pu.

6.1.2 Circuito 37 501 – San Cristóbal. El primer circuito de la Subestación de San Cristóbal está dentro casco urbano de Piedecuesta alimentando las zonas de Sur Oriente, este circuito es de consideración urbano.

En la Imagen 19. Circuito georreferenciado 37 501, se presenta el circuito 37 501 georreferenciado en DigSilent.

Imagen 19. Circuito georreferenciado 37 501



Al año 2025, la regulación de tensión se encuentra en los criterios permitidos por la CREG 025 del 1995.

Imagen 20. Cargabilidad en las líneas del circuito 37 501

uitos\37 501 :

Name	Terminal i StaCubic	Terminal i Busbar	Terminal j StaCubic	Terminal j Busbar	u, Magnitude Terminal i in p.u.	u, Magnitude Terminal j in p.u.	Loading %	Capacitive Loading Mvar
16768		1378970		1378988	0.998411	0.997436	89.98215	0.00003107
16767		1378953		1378970	0.999336	0.998411	89.98182	0.0000295
16775		8577285		1379046	0.995573	0.993931	87.62693	0.00005344
16773		1378988		8577285	0.997436	0.995573	87.62637	0.00006084
27379		1379071	2755611	2755611A	0.990424	0.989922	86.05061	0.0000165
732459		1379071	8577293	8577293B	0.990424	0.993064	86.05043	0.00008694
27380	2755611	2755611A	1379089	1379089A	0.989922	0.989661	85.10261	0.00000884
16787		1379127	1379135	1379135C	0.988565	0.986760	76.40304	0.00006634
16785	1379089	1379089B		1379127	0.989638	0.988565	76.40154	0.00003961
732460	8577293	8577293A		1379046	0.993081	0.993931	66.19677	0.00004307
16807	1379283	1379283B	1379291	1379291A	0.983079	0.982651	62.36224	0.00001912
16797		1379208	1379216	1379216A	0.986233	0.985206	53.10868	0.00006403
16796	1379135	1379135B		1379208	0.986716	0.986233	53.10819	0.00003022
16802		1379232	1379259	1379259A	0.984177	0.983911	51.3105	0.00001718
16801		1379224		1379232	0.984531	0.984177	51.31037	0.00002287
16800	1379216	1379216C		1379224	0.985179	0.984531	51.3102	0.00004174
16805		1379275	1379283	1379283A	0.983401	0.983091	48.9108	0.00002093
16804	1379259	1379259C		1379275	0.983897	0.983401	48.91065	0.00003357
16842	1380087	1380087B	1380095	1380095A	0.979787	0.979484	44.64502	0.00001885
16844	1380095	1380095B		1380109	0.979471	0.979081	42.23412	0.00002567
16831		1379356		1379399	0.981521	0.980823	41.16472	0.00005497
16835		1379399	1380036	1380036A	0.980823	0.980700	38.57793	0.00001037
16850		1380109	1378848	1378848A	0.979081	0.978650	36.39271	0.00003294
16837	1380036	1380036B	1380052	1380052A	0.980690	0.980226	36.15265	0.00004155
16765	1378945	1378945A		1378953	0.999563	0.999336	35.2322	0.00003078
16764		1378937	1378945	1378945A	0.999807	0.999563	35.23207	0.00003314
721497		1378937	SAN CRISTO	SAN CRISTO	0.999807	1.	35.23194	0.00002612
16841	1380079	1380079A	1380087	1380087A	0.979908	0.979787	33.72621	0.00001166
16840	1380052	1380052C	1380079	1380079A	0.980208	0.979908	33.7261	0.00002288
732463		2739259	1379305	1379305B	0.982520	0.982182	33.215	0.00004011
27224	1379291	1379291C		2739259	0.982643	0.982520	33.21473	0.00001455
16814	1379305	1379305C		1379321	0.982175	0.981828	30.78471	0.00004438
16819		1379348		1379356	0.981697	0.981521	29.56925	0.00002357
16818		1379321		1379348	0.981828	0.981697	29.56909	0.00001734

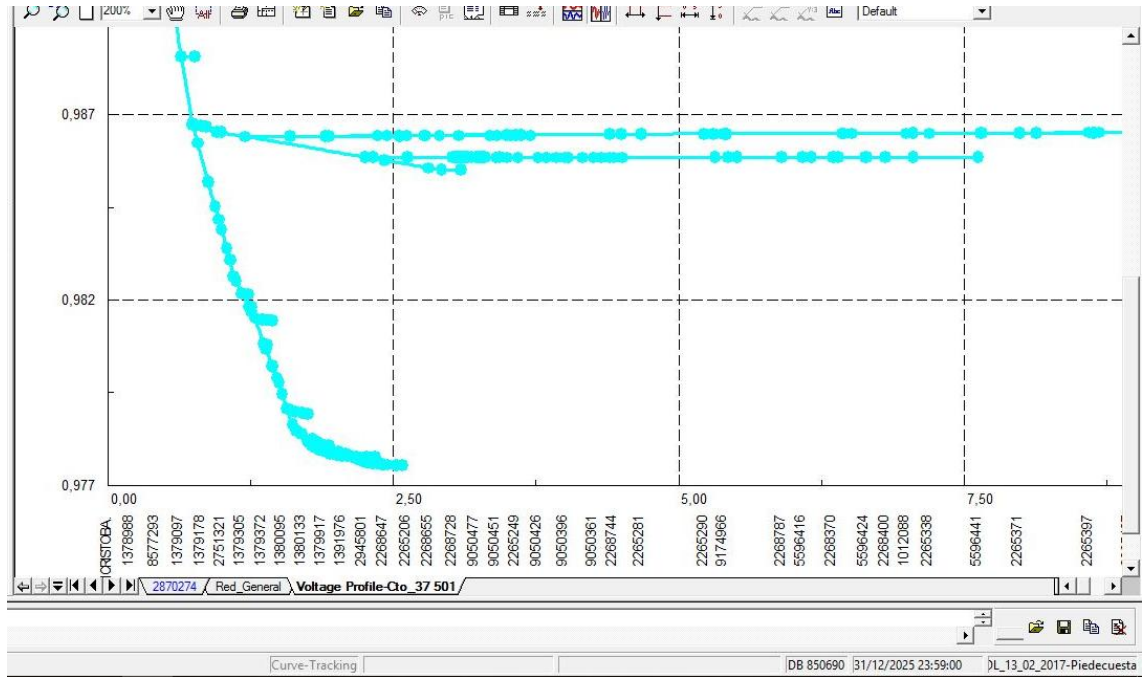
Flexible Data Scales Basic Data Load Flow VDE/IEC Short-Circuit Complete Short-Circuit ANSI Short-Circuit IEC 61363

Drag & Drop

En la imagen anterior se presenta el listado de líneas de media tensión, existen siete (7) líneas que sobre pasan el 85% de su cargabilidad al año 2025.

En la siguiente Imagen 21. Perfil de tensión 37 501, se presenta el perfil de tensión obtenido de DigSilent.

Imagen 21. Perfil de tensión 37 501



En la imagen 21, se observa que la tensión del apoyo más lejano del circuito cae a una tensión de 0.977 pu. Manteniéndose en los criterios permitidos por la CREG 025 de 1995.

6.1.3 Circuito 37 502 – San Cristóbal. El segundo circuito de la subestación de San Cristóbal hace parte del casco urbano del municipio, con una longitud mediana en comparación con los otros circuitos.

En la Imagen 22. Circuito georreferenciado 37 502, se presenta el circuito georreferenciado en DigSilent.

En la siguiente Imagen 23. Listado de líneas y su cargabilidad se presentan las líneas presentes en el circuito,

Imagen 23. Listado de líneas y su cargabilidad

itos\37 502 :

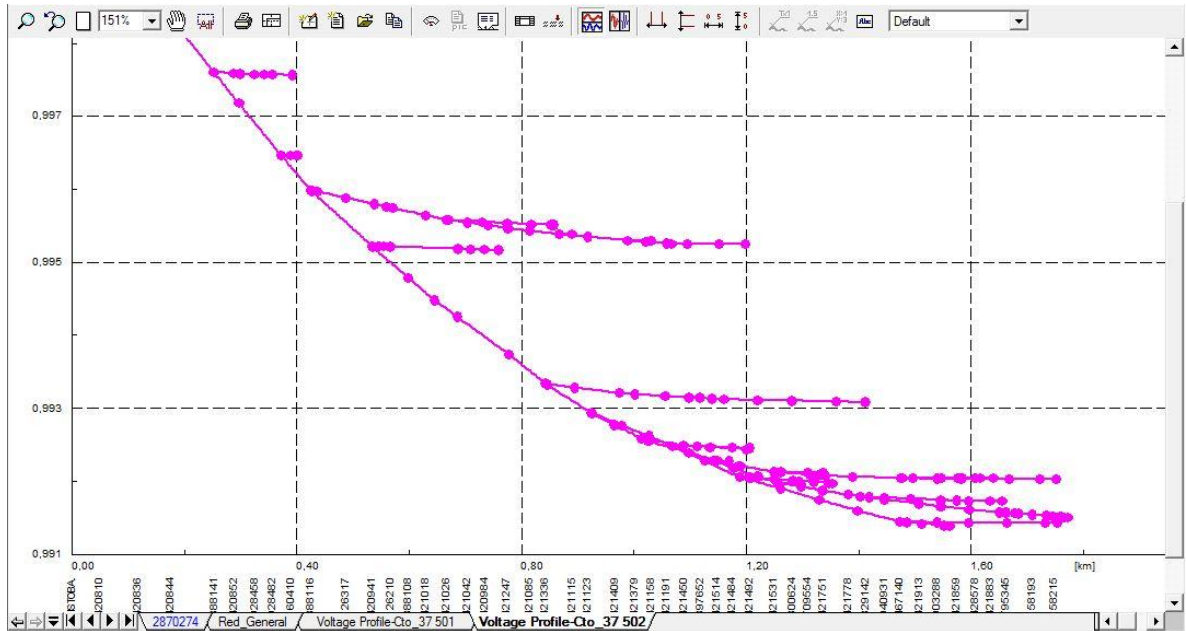
Name	Terminal i StaCubic	Terminal i Busbar	Terminal j StaCubic	Terminal j Busbar	u, Magnitude Terminal i in p.u.	u, Magnitude Terminal j in p.u.	Loading %	Capacitive Loading Mvar
16359		1420828	1420836	1420836A	0.999474	0.998919	51.74928	0.00004234
22022		1420844		8888141	0.998368	0.997602	50.63771	0.00005964
16362	1420836	1420836B		1420844	0.998907	0.998368	50.63734	0.00004202
739201		8888132	8888124	8888124B	0.997179	0.996467	48.78325	0.00005748
16365		8888132		8888141	0.997179	0.997602	48.78291	0.0000342
719563	8888124	8888124B	8888116	8888116C	0.996467	0.995984	47.59508	0.00003995
16357	1420810	1420810C		1420828	0.999599	0.999474	45.35096	0.00001167
16356		1420801	1420810	1420810C	0.999936	0.999599	45.3509	0.00003134
721498		1420801	SAN CRISTO	SAN CRISTO	0.999936	1.	45.35073	0.00000597
16371	8888116	8888116D	1420941	1420941A	0.995975	0.995223	36.51383	0.00008185
739165		8888094		8888108	0.99448	0.994791	35.03342	0.00003354
16411	1420941	1420941F		8888108	0.995215	0.994791	35.03323	0.0000481
16413	1421328	1421328A	1421336	1421336A	0.993744	0.993339	32.40306	0.00005037
16412		4038908	1421328	1421328A	0.994258	0.993744	30.7025	0.00007145
739161		4038908		8888094	0.994258	0.99448	30.70216	0.00003085
16422	1421336	1421336B	1421395	1421395A	0.993332	0.992936	25.43358	0.00006267
16426		1421409		1421433	0.992777	0.992587	16.1868	0.0000336
16425	1421395	1421395C		1421409	0.992931	0.992777	16.18636	0.00002729
16460		1421654		8851174	0.992488	0.992620	16.15905	0.00003279
745464		8851174		1421646	0.992620	0.992769	16.15883	0.00003708
16459	1421395	1421395B		1421646	0.992932	0.992769	16.15859	0.0000407
16489		1421654		1421930	0.992488	0.992283	14.94695	0.00003928
16492		1421930		1421956	0.992283	0.992063	14.42812	0.0000434
16464		1421689	1421697	1421697A	0.992183	0.992069	12.86108	0.00002934
16463		1421671		1421689	0.992284	0.992183	12.86079	0.00002606
16462		1421654		1421671	0.992488	0.992284	12.86053	0.0000528
16467	1421697	1421697C		1421701	0.992063	0.991979	11.3885	0.00002428
16428		1421433	1421417	1421417A	0.992587	0.992557	10.99316	0.00000779
16444		1421506	1421514	1421514A	0.992392	0.992282	9.26210	0.00003397
16443	1421417	1421417B		1421506	0.992554	0.992392	9.26166	0.00004978
16510	3779599	3779599A	1467131	1467131A	0.991747	0.991594	9.23076	0.00004728
709887	3779599	3779599A		1422006	0.991747	0.991901	9.23014	0.00004738
16497		1421956		1422006	0.992063	0.991901	9.22951	0.00005028
16379		1421018	1421026	1421026A	0.995641	0.995579	8.72631	0.00002848

Flexible Data / Scales / Basic Data / Load Flow / VDE/IEC Short-Circuit / Complete Short-Circuit / ANSI Short-Circuit / IEC 61363

Para las líneas de media tensión de este circuito ninguna presenta sobrecarga, la máxima cargabilidad es del 52% aproximadamente para el año 2015.

En la Imagen 24. Perfil de tensión 37 502, se presenta el perfil de tensión obtenido para el circuito 37 502.

Imagen 24. Perfil de tensión 37 502



Para la Regulación de tensión cumple con los criterios exigidos por la resolución CREG 025 del 1995, con una tensión de 0.991 en pu en el último apoyo.

6.1.4 Circuito 37 503 – San Cristóbal. El tercero de San Cristóbal, este circuito alimenta la zona de expansión sur, en esta zona es donde se está desarrollando gran potencial de viviendas para el corto plazo, dicha zona es conocida como “Barroblanco”.

Se observa en la siguiente imagen el circuito georreferenciado en DigSilent, la diferencia de colores se debe a cambios de tensión.

Imagen 26. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 37 503

uitos\37 503 :

Name	Terminal i StaCubic	Terminal i Busbar	Terminal j StaCubic	Terminal j Busbar	u, Magnitude Terminal i in p.u.	u, Magnitude Terminal j in p.u.	Loading %	Capacitive Loading Mvar
720981	1384309	1384309C	1384317	1384317A	0.963073	0.96204	126,3549	0.00002196
17456		1384341		1384350	0.957107	0.955230	125,912	0.00003952
17455		1384333		1384341	0.959651	0.957107	125,9115	0.0000538
737337	1384317	1384317C		1384333	0.961966	0.959651	125,9108	0.0000492
17467		1384473		1384481	0.950698	0.949908	124,7477	0.0000165
17466		1384422		1384473	0.952806	0.950698	124,7475	0.00004438
17400		1377205	1378007	1378007A	0.984042	0.983180	113,5604	0.0000249
17569	1378007	1378007A		1378015	0.983180	0.981868	113,364	0.0000379
17405		1378082		1378091	0.980187	0.979489	112,3811	0.00002024
17404		1378023		1378082	0.981481	0.980187	112,3809	0.0000376
17403		1378015		1378023	0.981868	0.981481	112,3806	0.0000112
17409		1384007		1384015	0.977801	0.977261	112,0521	0.00001554
17408	1378121	1378121A		1384007	0.979145	0.977801	112,052	0.00003878
17422		1384121	1384139	1384139A	0.976259	0.975012	111,228	0.00003604
17421		1384015		1384121	0.977261	0.976259	111,2277	0.0000290
17433	1384180	1384180A		1384198	0.971697	0.970396	110,1831	0.00003754
17435		1384198	1384201	1384201A	0.970396	0.96897	110,0512	0.0000410
737329		1384228	1384201	1384201B	0.968611	0.968941	109,5509	0.00000952
17407		1378091	1378121	1378121A	0.979489	0.979145	109,4795	0.0000102
17429		1384171	1384155	1384155A	0.973341	0.972425	109,2825	0.0000267
17428		1384147		1384171	0.974622	0.973341	109,2823	0.00003758
17426	1384139	1384139D		1384147	0.974955	0.974622	109,2819	0.00000976
17443		1384228		1384279	0.968611	0.967452	108,8848	0.00003362
17432	1384155	1384155C	1384180	1384180A	0.972368	0.971697	108,7843	0.0000196
17448	1384295	1384295B	1384309	1384309A	0.966487	0.963097	108,2178	0.0000982
17447		1384279	1384295	1384295A	0.967452	0.966487	108,2168	0.0000281
17457		1384350		1384376	0.955230	0.954759	95,11849	0.00001522
17461		1384414		1384422	0.954176	0.952806	94,91621	0.00004422
17460		1384376		1384414	0.954759	0.954176	94,91575	0.0000188
17296		1353624	1353632	1353632A	0.996175	0.994485	91,14367	0.0000728
17295		1300245		1353624	0.997411	0.996175	91,14323	0.00005344
17316		1353781		1353799	0.990123	0.988950	89,83871	0.00005032
17315		1353691		1353781	0.990552	0.990123	89,83839	0.00001842
17321		1375857		1375873	0.987498	0.987276	89,69017	0.0000094

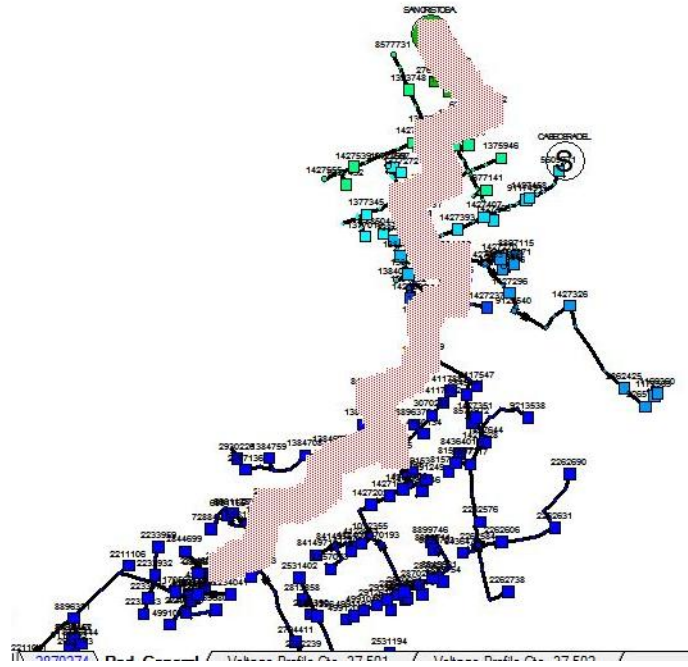
Del análisis hecho en la imagen anterior en el año 2016, 26 líneas se encuentran sobrecargadas, a continuación, se hace un resumen de las líneas que se sobrecargan año a año, por ejemplo, las líneas del año 2016 como ya pasaron del 100% de su cargabilidad deben ser intervenidas inmediatamente, al siguiente año no se tendrán en cuenta y aparecen nuevas líneas sobrecargadas y así sucedidamente hasta que no aparezcan nuevas líneas sobrecargadas. En la Tabla 44. Líneas sobrecargadas año a año se presentan las líneas que se sobrecargan año a año.

Tabla 44. Líneas sobrecargadas año a año 37 501

Años que se va sobrecargando las líneas					
2016	2017	2018	2019	2020	2021
720981	17457	17478	17496		27591
17456	17461	17477			27589
17455	17460	17476			748192
737337	17296	17284			36767
17467	17457	17283			706893
17466	17316	721499			748187
17400	17315				748194
17569	17321				748193
17405	17320				
17404	17317				
17403	17343				
17409	17345				
17408	17347				
17422	17346				
17421	17471				
17407	17470				
17433	17469				
17435	17474				
17429	17481				
17428	17480				
17426	17482				
737329	17483				
17432	17287				
17443	17286				
17448	17299				
17447	17298				
	17301				
	17304				
	17303				
	17290				

En la siguiente imagen se demuestra las líneas con sobrecarga para el año 2025.

Imagen 27. Líneas sobrecargadas en el circuito 37 503



En la siguiente imagen se presenta el perfil de tensión obtenido de DigSilent.

Imagen 28. Perfil de tensión 37 503

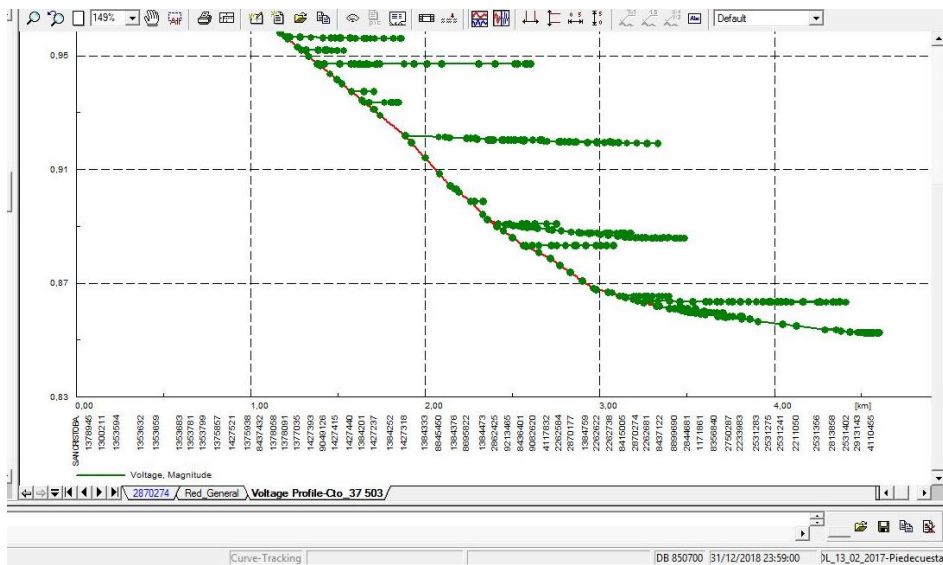


Imagen 30. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 37 504

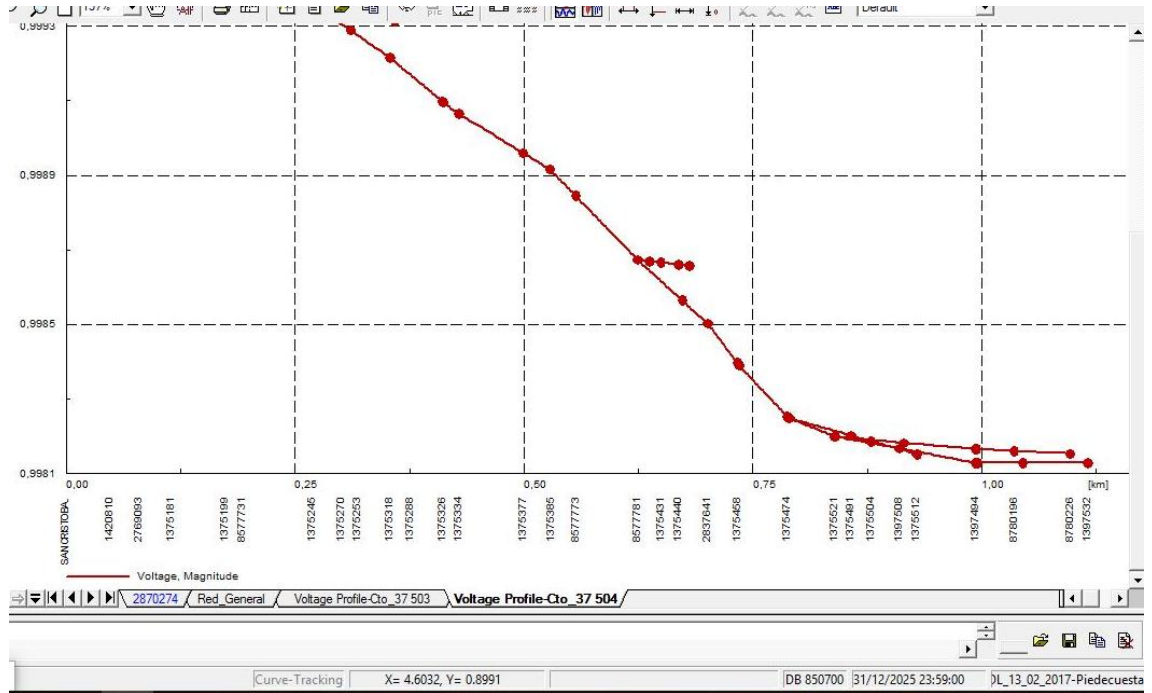
ircuitos\37 504:

Name	Terminal i StaCubic	Terminal i Busbar	Terminal j StaCubic	Terminal j Busbar	u, Magnitude Terminal i in p.u.	u, Magnitude Terminal j in p.u.	Loading %	Capacitive Loading Mvar
15943	1420810	1420810A		1420828	0.999881	0.999844	13.85243	0.00001168
15942		1420801	1420810	1420810A	0.999981	0.999881	13.85238	0.00003133
721500		1420801	SAN CRISTO	SAN CRISTO	0.999981	1.	13.85224	0.00000597
15973		2837641	1375458	1375458A	0.998502	0.998397	13.58864	0.00002237
15947		1375199	1375202	1375202D	0.999580	0.999501	13.28706	0.00002617
15946		1375181		1375199	0.99972	0.999580	13.28688	0.00004587
15945		1420828		1375181	0.999844	0.99972	13.28668	0.00004097
15951	1375202	1375202A		1375245	0.999496	0.999361	12.3453	0.00004794
735756		8577781		8577773	0.998673	0.998845	11.69099	0.00004967
735754	1375385	1375385A		8577773	0.998915	0.998845	11.6905	0.00002012
15976	1375458	1375458C	1375474	1375474A	0.998389	0.998252	10.75663	0.00003682
15959	1375318	1375318A	1375326	1375326C	0.999215	0.999098	10.68468	0.00004463
15968		2837641		1375407	0.998502	0.998564	10.26511	0.00002045
735759		8577781		1375407	0.998673	0.998564	10.26491	0.00003545
15958		9049100	1375318	1375318A	0.999289	0.999215	9.90825	0.00003358
753303		9049100		1375245	0.999289	0.999361	9.90812	0.00003275
15960	1375326	1375326A	1375334	1375334A	0.999094	0.999065	8.77582	0.00001353
735753		1375377	1375385	1375385A	0.998960	0.998915	7.82187	0.00002355
735750	1375334	1375334A		1375377	0.999065	0.998960	7.82171	0.00005454
15984	1375474	1375474C	1375521	1375521A	0.998248	0.998199	4.14918	0.00003416
15952		1375245	1375253	1375253A	0.999361	0.999331	2.85274	0.00003533
15982		1375504	1375512	1375512A	0.998186	0.998152	2.83250	0.00003478
15981		1375491		1375504	0.998201	0.998186	2.83205	0.00001534
15980	1375474	1375474D		1375491	0.998247	0.998201	2.83185	0.00004698
740257	1375253	1375253C	1429116	1429116A	0.999331	0.999312	1.88834	0.00002892
15990		1397508	1397516	1397516A	0.998166	0.998128	1.88722	0.00005826
15988	1375521	1375521A		1397508	0.998199	0.998166	1.88645	0.00004985
15970	1375415	1375415B		1375431	0.998669	0.998665	1.69342	0.
15971		1375431		1375440	0.998665	0.998660	1.69342	0.
15972		1375440	1375423	1375423A	0.998660	0.998657	1.69341	0.
735758	1375415	1375415A		8577781	0.998669	0.998673	1.42652	0.00000945
15987		1397486	1397494	1397494A	0.998182	0.998165	1.14483	0.00006117
15986	1375521	1375521B		1397486	0.998198	0.998182	1.14442	0.00005822
738643	8780226	8780226A		8780196	0.998153	0.998160	0.57268	0.00004775

En este circuito no se presentan líneas sobrecargadas, al contrario, las líneas son capaces de soportar la potencia proyectada para el 2025.

En la siguiente imagen se presenta el perfil de tensión.

Imagen 31. Perfil de tensión 37 504



La tensión en el apoyo más lejano cae a 0.997 en pu. Cumple con la resolución 025 de la CREG.

6.1.6 Circuito 41 501 – La Granja. El primer circuito de la subestación La Granja alimenta el sector norte del casco urbano de Piedecuesta, sobre el valle Guatiguará.

En la siguiente imagen se presenta el circuito georreferenciado en DigSilent.

En la siguiente imagen se observa las líneas que presentan sobrecarga.

Imagen 33. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 41 501

uitos\41 501 :

Name	Terminal i StaCubic	Terminal i Busbar	Terminal j StaCubic	Terminal j Busbar	u, Magnitude Terminal i in p.u.	u, Magnitude Terminal j in p.u.	Loading %	Capacitive Loading Mvar
17276		4038673	1392034	1392034B	0.998939	0.997743	134.8879	0.0000351
16890		1392051	1392077	1392077A	0.995061	0.993007	134.6009	0.0000599
17275	1392034	1392034B		1392051	0.997743	0.995061	134.6006	0.0000785
719896	1011839	1011839A		1392085	0.988294	0.989780	134.1676	0.0000430
16892	1392077	1392077B		1392085	0.992976	0.989780	134.1673	0.0000930
16894		1011456	1004301	1004301A	0.985336	0.984393	133.0779	0.0000273
719894		1011456		1011472	0.985336	0.986923	133.0777	0.0000461
719895		1011472	1011839	1011839B	0.986923	0.988263	133.0774	0.0000390
16905		1392191	1379470	1379470A	0.976158	0.971621	132.2325	0.0001281
16903	1392182	1392182A		1392191	0.978255	0.976158	132.2316	0.0000596
16900		1011847		2938677	0.982266	0.982023	131.6191	0.0000070
719889		1392131		1011847	0.982420	0.982266	131.6191	0.0000045
16899		1392123		1392131	0.983019	0.982420	131.6191	0.0000174
16898	1004301	1004301A		1392123	0.984393	0.983019	131.619	0.0000402
714453		4197135		1379488	0.967282	0.966952	131.4922	0.0000092
16908	1379470	1379470A		4197135	0.971621	0.967282	131.4922	0.0001222
706329		2938677	1392140	1392140A	0.982023	0.981537	130.8882	0.0000142
16910		1379488	1379496	1379496A	0.966952	0.963140	130.7484	0.0001070
17272	1392174	1392174B	1392182	1392182A	0.979386	0.978255	130.4499	0.0000331
17271		1392158	1392174	1392174A	0.980681	0.979417	130.4497	0.0000371
16901	1392140	1392140A		1392158	0.981537	0.980681	130.4494	0.0000251
16911	1379496	1379496A		1379500	0.963140	0.961788	130.0011	0.0000379
16917		1379500		1379542	0.961788	0.959871	128.505	0.0000543
16924		1379615	1379623	1379623A	0.958343	0.957361	127.756	0.0000278
16923		1379542		1379615	0.959871	0.958343	127.7558	0.0000434
17252		1377540	1377531	1377531A	0.950446	0.949785	119.72	0.0000170
17254	1377531	1377531B		1377931	0.949756	0.948301	118.2375	0.0000378
16885	LA GRANJA	LA GRANJA		4038673	1	0.998939	118.2107	0.0000381
16959		1405349	1405357	1405357A	0.956575	0.954460	116.6973	0.0000655
16958	1379623	1379623C		1405349	0.957334	0.956575	116.6969	0.0000235
16979		1383035		1377612	0.953382	0.952327	106.6053	0.0000357
16978	1405357	1405357A		1383035	0.954460	0.953382	106.605	0.0000365
17243		1377612		1377591	0.952327	0.951387	94.4661	0.0000360
17257		1377931	1377523	1377523A	0.948301	0.948025	93.77596	0.0000090

Flexible Data Scales Basic Data Load Flow VDE/IEC Short-Circuit Complete Short-Circuit ANSI Short-Circuit IEC 6136

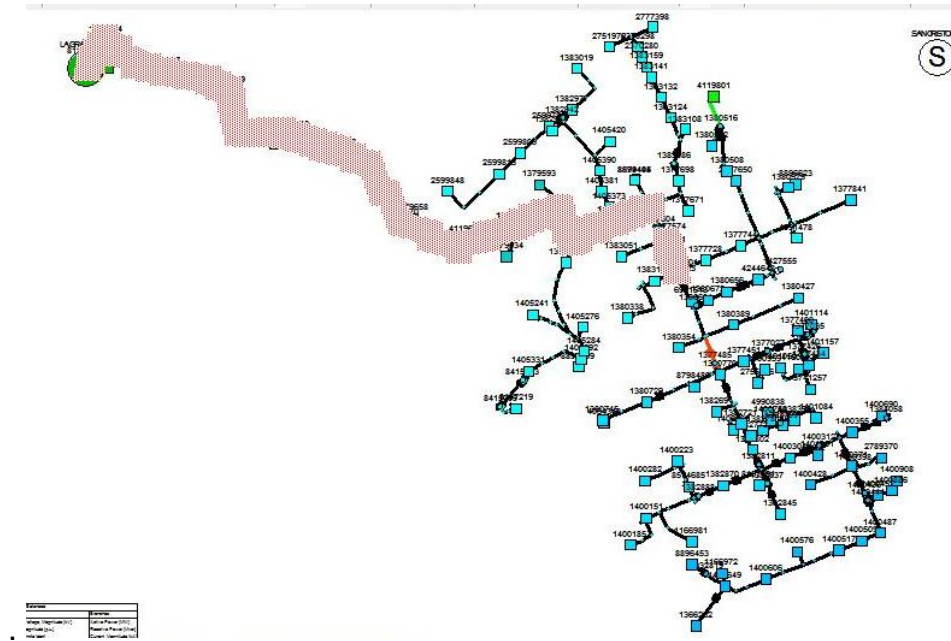
De la imagen anterior, Para el primer periodo de planeación 2019, habrá cinco (5) líneas que sobrepasan el 100% de cargabilidad. La siguiente Tabla 45. Líneas sobrecargadas año a año, presenta las líneas sobrecargadas por año y las nuevas líneas afectadas por año.

Tabla 45. Líneas sobrecargadas año a año 41 501

Años que se va sobrecargando las líneas		
2019	2020	2021
17276	16894	17254
16890	719894	16885
17275	719895	16959
719896	16905	16958
16892	16903	16979
	16900	16978
	719889	
	16899	
	16898	
	714453	
	16908	
	706329	
	16910	
	17272	
	17271	
	16901	
	16911	
	16917	
	16924	
	16923	
	17252	

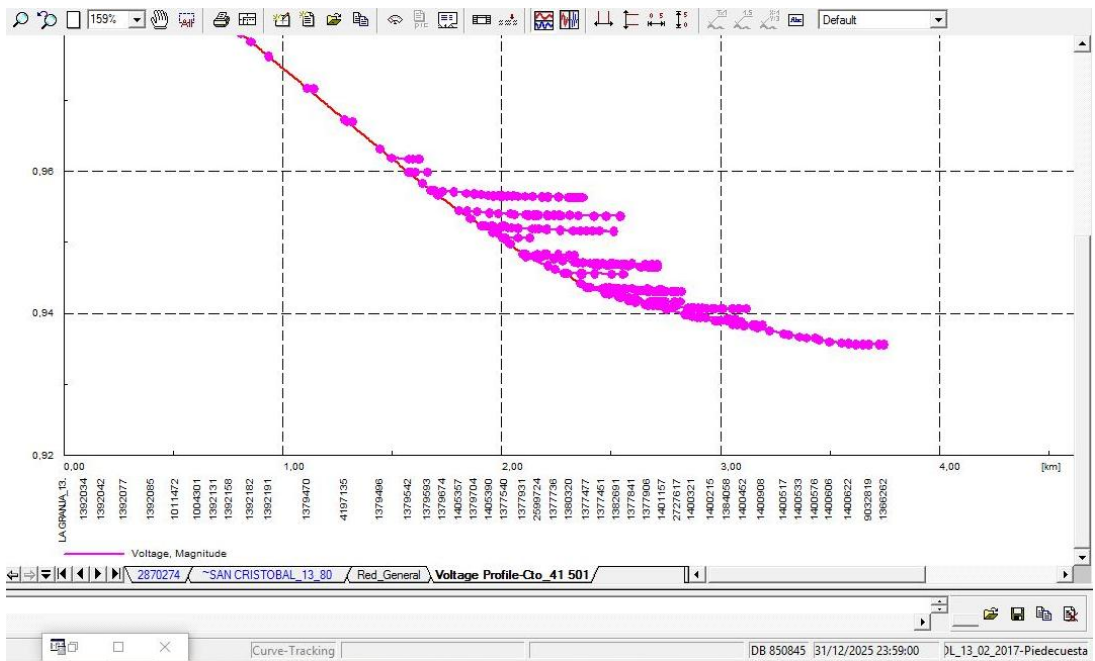
En la siguiente imagen se observa las líneas que no soportan la potencia de los años de planeación, especialmente al año 2019, comenzara a sobrecargarse el SDL

Imagen 34. Líneas sobrecargadas en el circuito 41 501



A continuación, se presenta el perfil de tensión del circuito 41 501.

Imagen 35. Perfil de tensión 41 501



A continuación, se presenta el listado de líneas con su respectiva cargabilidad al 2025.

Imagen 37. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 41 502

itos\41 502 :

Name	Terminal i StaCubic	Terminal i Busbar	Terminal j StaCubic	Terminal j Busbar	u, Magnitude Terminal i in p.u.	u, Magnitude Terminal j in p.u.	Loading %	Capacitive Loading Mvar
747428		9125973		9125922	0.994265	0.993970	150.5244	0.000008
747427		9125981		9125973	0.996136	0.994265	150.5244	0.0000508
747426		9125990		9125981	0.996520	0.996136	150.524	0.0000104
747424		9126007		9125990	0.998527	0.996520	150.524	0.0000548
747423	4038657	4038657C		9126007	0.998870	0.998527	150.5236	0.0000093
747458	LA GRANJA	LA GRANJA	4038657	4038657D	1	0.998870	150.5236	0.0000309
16011	1397737	1397737A	1397770	1397770A	0.991166	0.987939	147.5187	0.0000886
747433	1397737	1397737D		9125965	0.991166	0.991502	147.5167	0.0000092
747432		9125957		9125965	0.992299	0.991502	147.5167	0.0000219
747431		9125957		9125949	0.992299	0.992876	147.5166	0.0000159
747430		9125922		9125949	0.993970	0.992876	147.5165	0.0000302
16015	1397770	1397770A		8849978	0.987939	0.986515	147.065	0.0000390
16140		8849978		4040651	0.986515	0.986013	110.9066	0.0000169
712863		4040635		3779785	0.983809	0.982814	97.19536	0.0000403
16142		4040643		4040635	0.984857	0.983809	97.19508	0.0000425
710403		4040643		4040651	0.984857	0.986013	97.1948	0.0000471
712871		3779785		3868478	0.982814	0.982082	96.05419	0.0000299
712876		3868389		3779777	0.980184	0.981427	94.9127	0.0000513
712877		3779777		3868478	0.981427	0.982082	94.91235	0.0000271
63536	2844630	2844630A	1397851	1397851A	0.982045	0.983895	79.79753	0.0000646
63535		1397885	2844630	2844630A	0.981895	0.982045	78.90373	0.000052
26311		1397991	1398016	1398016A	0.980893	0.979333	70.96918	0.0000609
16048		1397982		1397991	0.981073	0.980893	70.96866	0.0000702
16052	1398016	1398016B	1398024	1398024A	0.979313	0.978326	70.82229	0.0000384
19575	1398024	1398024A	1398172	1398172A	0.978326	0.977454	62.71575	0.0000383
16074		1398199	1398211	1398211A	0.976377	0.975513	60.46478	0.0000392
16073	1398172	1398172B		1398199	0.977437	0.976377	60.4644	0.0000481
16182		1399136	1399144	1399144A	0.977005	0.976665	55.31163	0.0000226
16181		1399128		1399136	0.977303	0.977005	55.31145	0.0000198
16180		1399110		1399128	0.977960	0.977303	55.3113	0.0000437
16179		1399101		1399110	0.978702	0.977960	55.31096	0.0000494
16178		1399098		1399101	0.979583	0.978702	55.31058	0.0000588
712862	1398903	1398903B		1399098	0.979994	0.979583	55.31012	0.0000274
16177		3868389	1398903	1398903A	0.980184	0.979994	55.30991	0.0000127

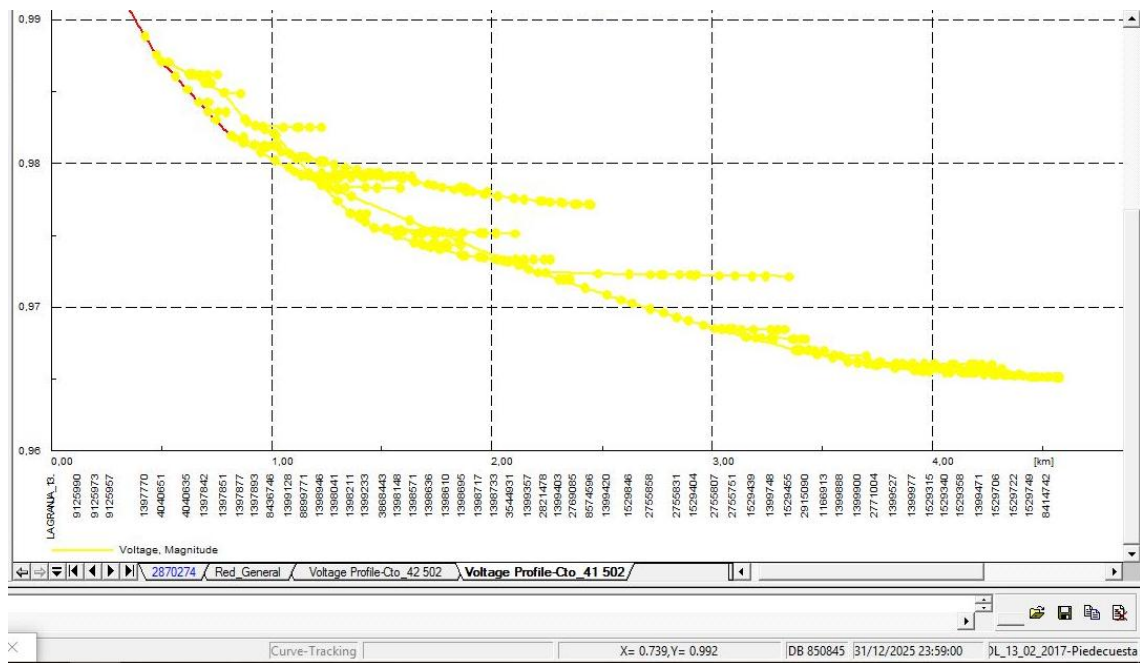
Para el año 2023 se espera que las líneas listadas en la siguiente Tabla 46. Líneas sobrecargadas año a año sean afectadas por las nuevas cargas, para los años siguientes 2024 y 2025 no se sobrecargan nuevas líneas, las líneas listadas se mantiene en el periodo de planeación.

Tabla 46. Líneas sobrecargadas año a año 41 502

Años que se va sobrecargando las líneas		
2023	2024	2025
747428		
747427		
747426		
747424		
747423		
747458		
16011		
747433		
747432		
747431		
747430		
16015		

En la siguiente imagen se presenta el perfil de tensión al año 2025.

Imagen 38. Perfil de tensión 41 502

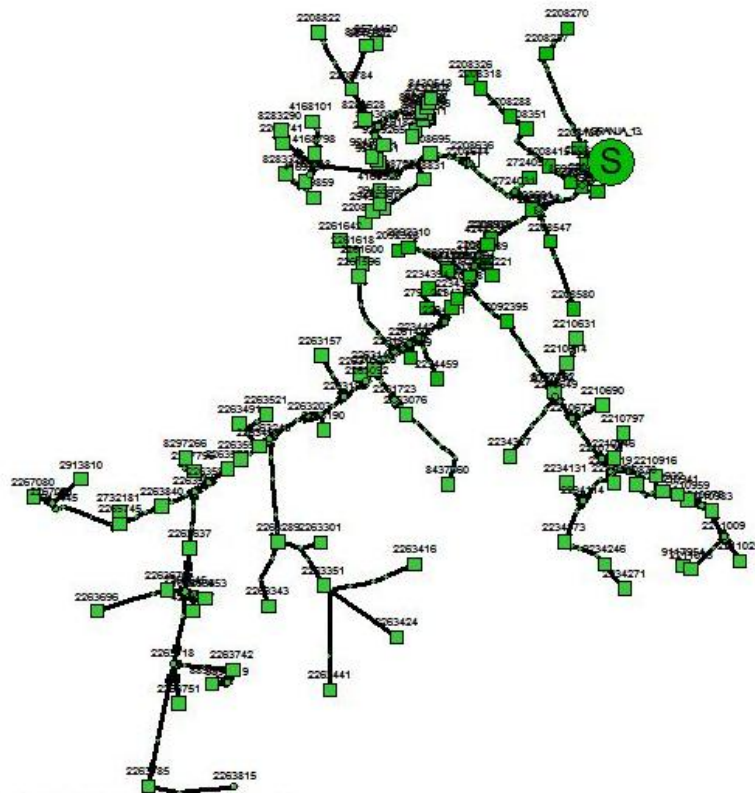


La tensión se mantiene entre los intervalos establecidos por la CREG.

6.1.8 Circuito 41 503 – La Granja. El tercer circuito de La Granja alimenta el sector conocido como “Guatiguará”, En esta zona según el PBOT está destinado para ser la zona industrial de medio y alto impacto del municipio y además se destinó una zona para ser potencialmente urbanizable. A mediano plazo y largo el circuito tendrá afectaciones por estas nuevas cargas.

En la imagen 39, se observa el circuito georreferenciado en DigSilent.

Imagen 39. Circuito georreferenciado 41 503



En la imagen 40, se lista las líneas presentes en el circuito

Imagen 40. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 41 503

Circuitos\41 503 :

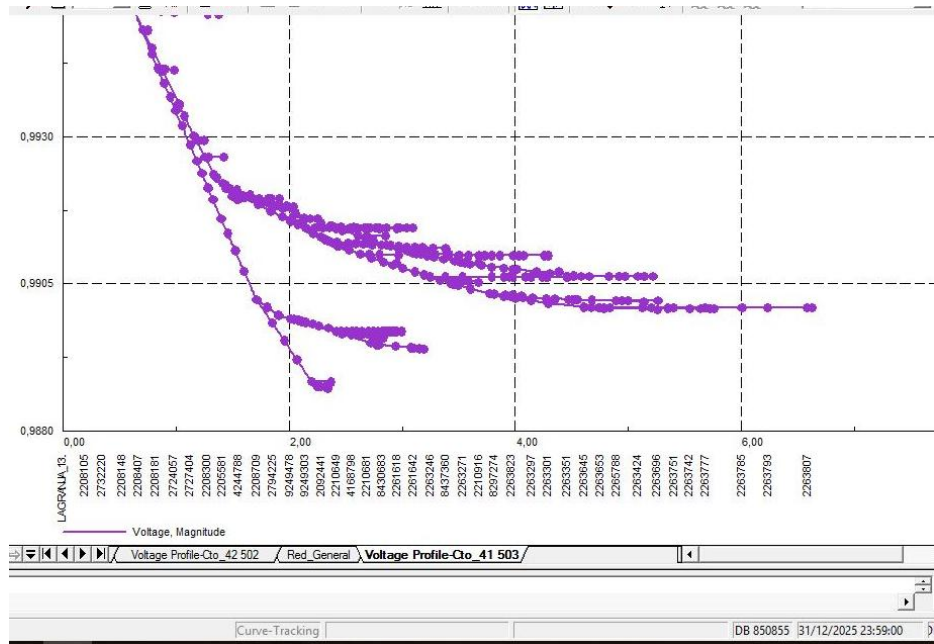
Name	Terminal i StaCubic	Terminal i Busbar	Terminal j StaCubic	Terminal j Busbar	u. Magnitude Terminal i in p.u.	u. Magnitude Terminal j in p.u.	Loading %	Capacitive Loading Mvar
20322	LA GRANJA	LA GRANJA	2208091	2208091A	1.	0.999151	46.17316	0.00007578
20323	2208091	2208091A	2208105	2208105A	0.999151	0.998364	45.32215	0.00007154
26622	2208105	2208105A	2495627	2495627C	0.998364	0.997710	44.30584	0.00006078
26623	2495627	2495627C	2208474	2208474A	0.997710	0.997659	39.82165	0.0000511
20357		2208504	4038738	4038738F	0.995863	0.995171	36.75803	0.00007632
20356		2208491		2208504	0.996424	0.995863	36.75754	0.00006207
20355		2208482		2208491	0.996972	0.996424	36.75713	0.0000606
20353	2208474	2208474A		2208482	0.997659	0.996972	36.75673	0.00007607
708213	2724031	2724031A		2208610	0.994166	0.994416	21.83292	0.00003804
20365	4038738	4038738G		2208610	0.995167	0.994416	21.83255	0.00011488
20363	4038738	4038738F		2208598	0.995171	0.994825	21.64181	0.00006483
728387	4244834	4244834A	2208938	2208938B	0.993356	0.993533	21.07348	0.00003388
20401	2208920	2208920A	2208938	2208938A	0.993563	0.993533	21.07326	0.00000588
20400		2208911	2208920	2208920A	0.994119	0.993563	21.07322	0.00010662
20399		2208903		2208911	0.994508	0.994119	21.07253	0.00007487
20398		2208598		2208903	0.994825	0.994508	21.07204	0.00006092
708221		2727421	2208636	2208636A	0.992377	0.992134	20.98404	0.00003844
708230		2727421		2727412	0.992377	0.992586	20.98366	0.00003303
708199		2727412		2727404	0.992586	0.992861	20.98334	0.00004358
708200		2727404		2727129	0.992861	0.993186	20.9829	0.00005147
708202		2727129		2724111	0.993186	0.993448	20.9824	0.00004158
708204		2724111		2724103	0.993448	0.993679	20.98198	0.00003664
708206		2724103		2724090	0.993679	0.993914	20.98162	0.00003742
708208		2724090	2724031	2724031B	0.993914	0.994161	20.98125	0.00003911
20373		2208687	2208695	2208695A	0.991064	0.990714	20.47343	0.00005668
20372		2208679		2208687	0.991359	0.991064	20.47287	0.00004768
20371		2208652		2208679	0.991614	0.991359	20.4724	0.00004127
20370	2208644	2208644B		2208652	0.991934	0.991614	20.47199	0.00005187
20369	2208636	2208636B	2208644	2208644A	0.992129	0.991934	20.47148	0.00003158
20405		2208946	2208954	2208954A	0.993023	0.992942	20.21721	0.00001628
20402	4244834	4244834E		2208946	0.993352	0.993023	20.21711	0.00006577
743547	2092204	2092204A	2205572	2205572E	0.992653	0.992360	19.99054	0.00005924
20408	2208954	2208954A	2092204	2092204A	0.992942	0.992653	19.98934	0.00005828
20375	2208695	2208695B		2208709	0.990709	0.990235	19.61821	0.00007992

Flexibile Data Scales Basic Data Load Flow VDE/IEC Short-Circuit Complete Short-Circuit ANSI Short-Circuit IEC 61363

En este circuito la línea 20322, es la línea con mayor porcentaje de 46% de sobrecarga.

Perfil de tensión del circuito 41 503, se observa en la imagen 41.

Imagen 41. Perfil de tensión 41 503



Según la imagen anterior el perfil de tensión, la tensión no cae por debajo de 0.9 pu, cumple con la norma.

6.1.9 Diagnóstico de la primera simulación. En la siguiente Tabla 47, se presenta en resumen el diagnostico obtenido de la primera simulación.

Tabla 47. Diagnóstico de la primera simulación

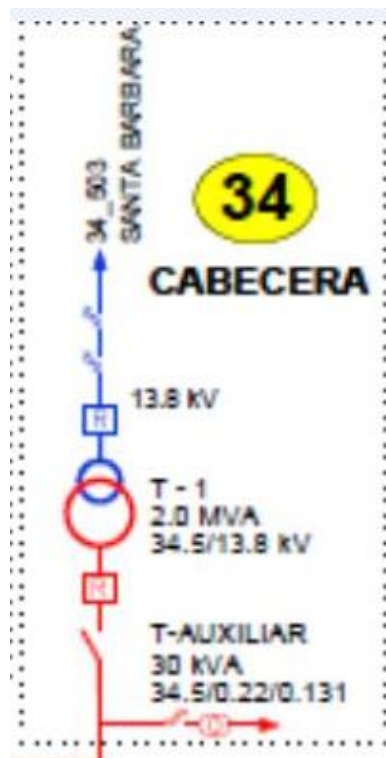
Diagnóstico para el año 2025	Cargabilidad en líneas	Perfiles de tensión	Observación
Circuito 34 503	No hay sobrecargas	Cumple	El circuito no necesita repotenciación y/o reposición, frente al horizonte de planeación 2025.
Circuito 37 501	No hay sobrecargas	Cumple	El circuito no necesita repotenciación y/o reposición, frente al horizonte de planeación 2025.
Circuito 37 502	No hay sobrecargas	Cumple	El circuito no necesita repotenciación y/o reposición, frente al horizonte de planeación 2025.
Circuito 37 503	Para el 2025 habrá 71 líneas por encima del 100% de cargabilidad, en la Tabla 44. Líneas sobrecargadas año a año 37 501, se mencionan las líneas y el año en que se sobrecargan.	A partir del 2018 el circuito no cumple con regulación.	Este circuito de manera urgente necesita repotenciación y/o reposición.
Circuito 37 504	No hay sobrecargas	Cumple	El circuito no necesita repotenciación y/o reposición, frente al horizonte de planeación 2025.
Circuito 41 501	Al año 2025 habrá 32 líneas por encima de la cargabilidad permitida 100%, en la Tabla 45. Líneas sobrecargadas año a año 41 501, se mencionan cada una de las líneas y el año en que se sobrecargan.	Cumple	El circuito se debe intervenir en el año 2021, para su debida repotenciación y/o reposición.
Circuito 41 502	Al año 2023 habrá 12 líneas por encima de la cargabilidad permitida 100%, dichas líneas fueron listadas en la Tabla 46. Líneas sobrecargadas año a año 41 502.	Cumple	El circuito se debe intervenir en el año 2023, para su debida repotenciación y/o reposición.
Circuito 41 503	No hay líneas sobrecargadas	Cumple	El circuito 41 503 no requiere repotenciación y/o reposición. Entre el periodo de planeación 2016 – 2025.

De la tabla anterior se observa que de manera urgente el circuito 37 503 necesita una repotenciación y/o reposición, y los circuitos de la subestación La Granja a lo largo del horizonte de planeación necesitan ser intervenidos.

6.2 DIAGNÓSTICO DE LOS TRANSFORMADORES MT/MT DE LAS SUBESTACIONES EN PIEDECUESTA

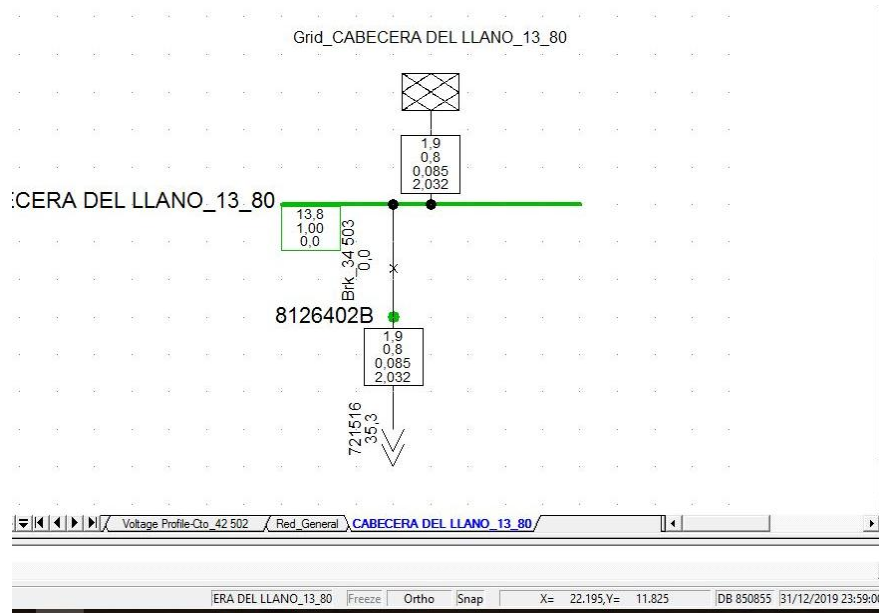
6.2.1 Subestación Cabecera del Llano (34). El transformador de la subestación Cabecera del Llano cuenta con una potencia nominal de 2.0 MVA y el mismo transformador al año 2019 tiene una potencia proyectada de 2.032 MVA con una cargabilidad 101.6% aunque los transformadores pueden trabajar con un 20% por encima de la nominal, se hace el diagnostico al 2019 es donde la potencia suministrada supera la potencia nominal.

Imagen 42. Unifilar SDL 34.5 kV – SE Cabecera del Llano



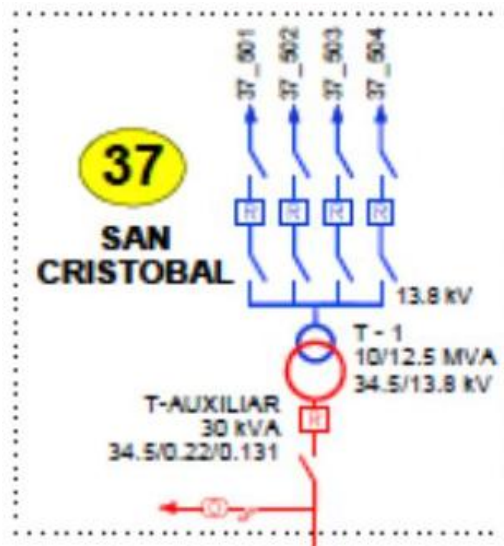
Del unifilar anterior se obtiene el valor nominal de potencia del transformador y de la imagen 41 la potencia proyectada, esta potencia proyectada se obtiene simulando año a año para encontrar el valor cercano al valor nominal y tomar el año en que estas dos potencias tienden a igualarse.

Imagen 43. Subestación Cabecera del Llano al año 2019



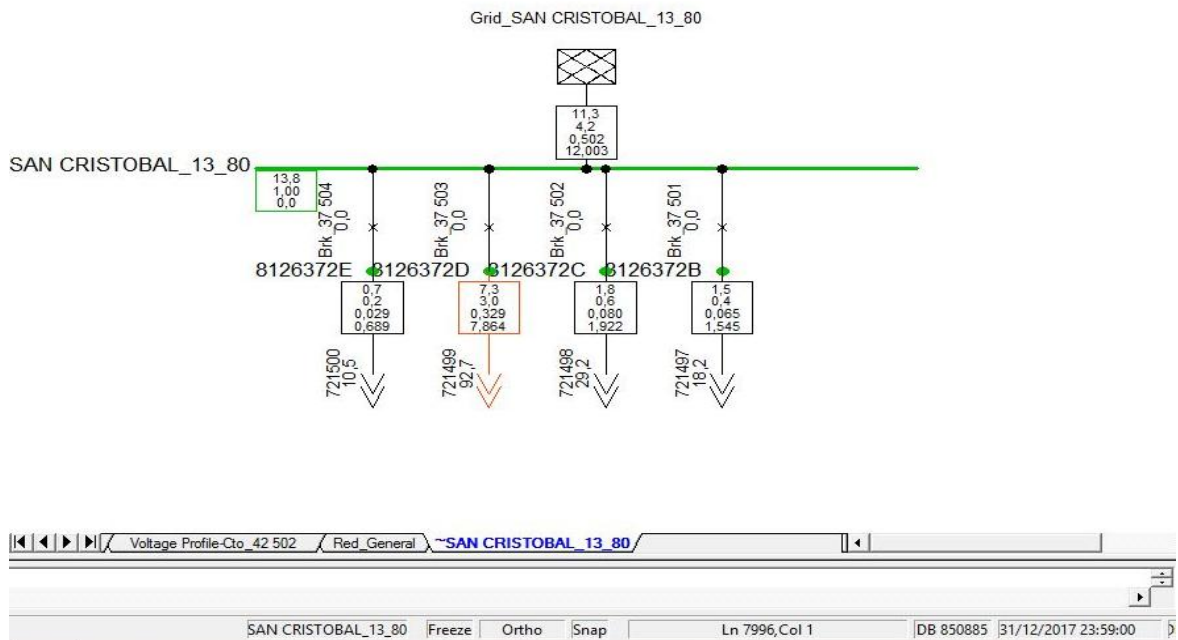
6.2.2 Subestación San Cristóbal (37). De igual forma que en anterior numeral, la potencia nominal de la subestación es de 12.5 MVA y la potencia proyectada es 12.003 MVA con una cargabilidad del 96% al año 2017, en esta subestación cuenta con el circuito 37 503 que es el que alimenta a la zona de Barroblanco. Al año 2025 la subestación deberá abastecer con una potencia proyectada de 20,736 MVA. Actualmente la electrificadora deberá tomar decisiones sobre el transformador ya que a la fecha se encuentra con una cargabilidad del 96% y aumenta anualmente.

Imagen 44. Unifilar SDL 34.5 kV – SE San Cristóbal



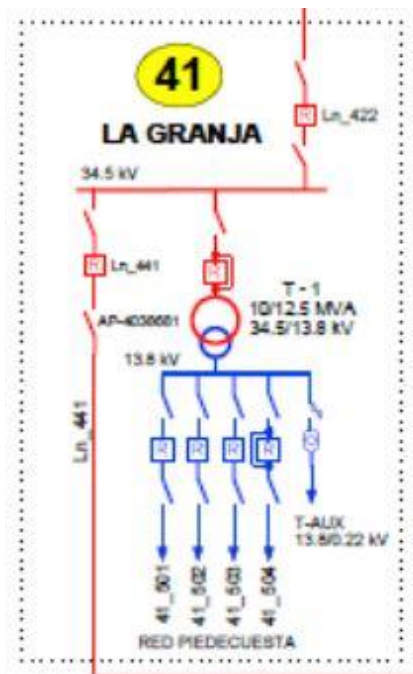
De igual forma que en el item anterior se toma la potencia nominal y la potencia proyectada para estimar la cargabilidad a un año específico.

Imagen 45. Subestación San Cristóbal al año 2017



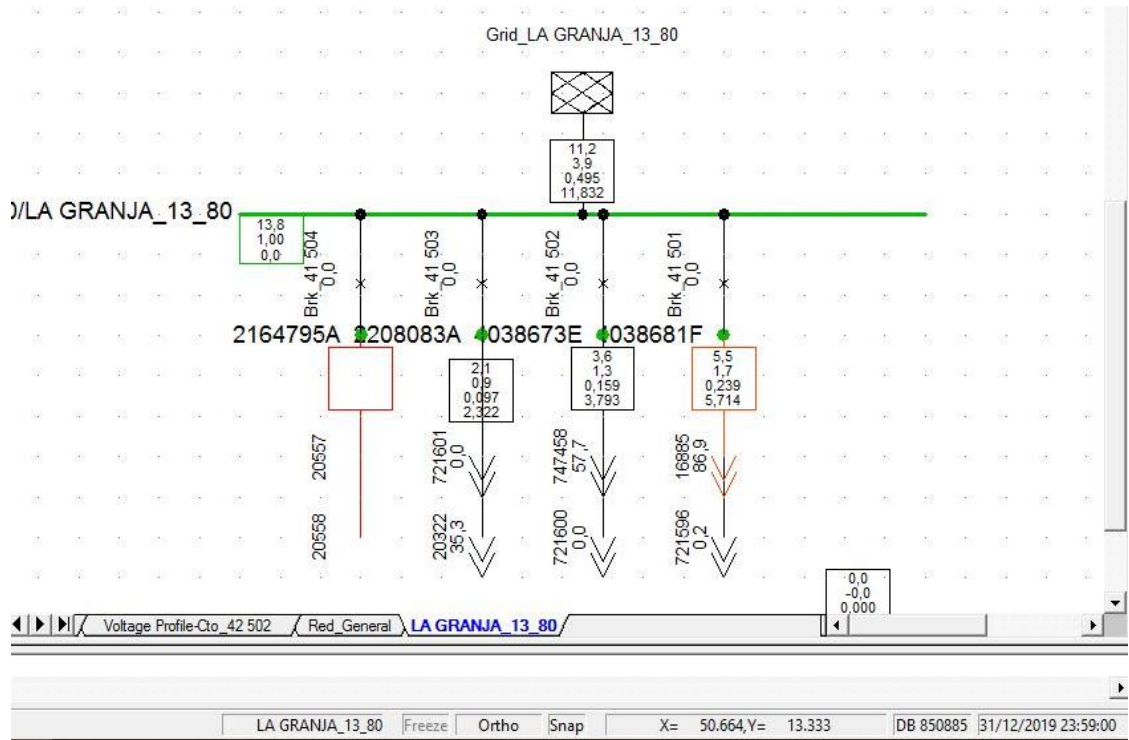
6.2.3 Subestación La Granja (41). La potencia proyectada es de 13.744 MVA para el año 2020, el transformador cuenta con una potencia nominal de 12.5 MVA, al año 2020 el transformador quedaría con una cargabilidad de 109.952% con esta cargabilidad el transformador podrá trabajar por dos años más, se hace el debido informe para que la ESSA tome decisiones respecto al transformador si es necesidad cambiarlo o repotenciar la subestación con otro transformador en paralelo.

Imagen 46. Unifilar SDL 34.5 kV – SE La Granja



Se hace el mismo tratamiento que en el ítem anterior.

Imagen 47. Subestación La Granja al año 2019.



6.2.4 Diagnóstico de los transformadores de media tensión en las subestaciones principales. En la siguiente Tabla 48, se presenta el diagnóstico de cada una de los transformadores de las tres subestaciones del municipio. Teniendo en cuenta que los transformadores se pueden sobrecargar un 20% por un periodo no mayor a dos años y así no se causa daños en el aislamiento.

Tabla 48. Diagnóstico de los transformadores de media tensión

	Cabecera del Llano	San Cristóbal	La Granja
Potencia Nominal MVA	2,000	12,500	12,500
Potencia Proyectada MVA	2,032	12,003	13,711
Cargabilidad	101,6 %	96,0 %	109,952 %
Año	2019	2017	2020
Observaciones	El transformador al año 2019, tendrá una cargabilidad por encima del 100%, se recomienda realizar repotenciación del activo.	Para este transformador necesita de manera inmediata realizar repotenciación.	Este transformador tendrá que ser repotenciado dentro del periodo de mediano y largo plazo.

6.3 SIMULACIÓN Y DIAGNOSTICO CON PROYECTOS PUNTUALES

En esta sección se hará nuevamente la simulación, pero incluyendo las potencias de los proyectos puntuales obtenidos en el mediano y largo plazo. Dichos proyectos puntuales son en total cinco (5) Proyectos de mediano y gran impacto a la red de media tensión, entre esos cinco (5) proyectos hay dos (2) de gran impacto, se dice de gran impacto porque una de ellos es de 8MVA y el otro está por encima de 12 MVA, Para estos dos proyectos se va a realizar un tratamiento especial.

Estos proyectos puntuales se dibujaron dentro del DigSilent como una carga puntual, escogiendo el apoyo más cerca al plan parcial.

6.3.1 Proyectos de Gran Impacto. Los proyectos de grandes impactos, son los proyectos que sobrepasan potencias de 500 kVA se pueden observar en la Tabla 42

- ❖ **FCV.** Este proyecto se está desarrollando por medio de un plan parcial que se dividió en cinco Unidades de Gestión (UG). Actualmente se encuentra en construcción, Las UG1 y UG2 son las que se encuentran con un alto potencial de urbanización, es decir que aún no han iniciado las obras de construcción.

Para este plan parcial sacando las áreas que a la fecha de Junio – 2016, fecha donde Google Earth obtuvo la imagen satelital del predio, se obtuvo una potencia por encima de 12 MVA.

A continuación, se presenta la simulación con esta carga puntual.

Imagen 48. Listado de líneas y su cargabilidad al circuito 41 502

Circuitos\41 502 :

Name	Terminal i StaCubic	Terminal i Busbar	Terminal j StaCubic	Terminal j Busbar	u. Magnitude Terminal i in p.u.	u. Magnitude Terminal j in p.u.	Loading %	Capacitive Loading Mvar
747428		9125973		9125922	0.985490	0.984746	404.701	0.0000078
747427		9125981		9125973	0.990219	0.985490	404.701	0.0000501
747426		9125990		9125981	0.991189	0.990219	404.7008	0.0000103
747424		9126007		9125990	0.996268	0.991189	404.7007	0.0000543
747423	4038657	4038657C		9126007	0.997137	0.996268	404.7005	0.0000938
747458	LA GRANJA	LA GRANJA	4038657	4038657D	1	0.997137	404.7005	0.0000309
16011	1397737	1397737A	1397770	1397770A	0.977584	0.969358	401.707	0.0000857
747433	1397737	1397737D		9125965	0.977584	0.978441	401.7057	0.000009
747432		9125957		9125965	0.980476	0.978441	401.7057	0.0000214
747431		9125957		9125949	0.980476	0.981951	401.7056	0.0000156
747430		9125922		9125949	0.984746	0.981951	401.7055	0.0000296
16015	1397770	1397770A		8849978	0.969358	0.965727	401.2515	0.0000375
16140		8849978		4040651	0.965727	0.964037	399.4456	0.0000162
712863		4040635		3779785	0.956790	0.953521	350.0601	0.0000381
16142		4040643		4040635	0.960231	0.956790	350.06	0.0000408
710403		4040643		4040651	0.960231	0.964037	350.0598	0.0000448
712871		3779785		3868478	0.953521	0.951104	348.9064	0.0000281
712876		3868389		3779777	0.944787	0.948922	347.7505	0.0000478
712877		3779777		3868478	0.948922	0.951104	347.7503	0.0000254
16182		1399136	1399144	1399144A	0.926771	0.924849	343.1378	0.0000203
16181		1399128		1399136	0.928458	0.926771	343.1377	0.0000178
16180		1399110		1399128	0.932176	0.928458	343.1377	0.0000396
16179		1399101		1399110	0.936378	0.932176	343.1375	0.0000451
16178		1399098		1399101	0.941375	0.936378	343.1373	0.0000540
712862	1398903	1398903B		1399098	0.943706	0.941375	343.1371	0.0000254
16177		3868389	1398903	1398903A	0.944787	0.943706	343.137	0.0000118
16187	1399152	1399152A	1399195	1399195A	0.919555	0.917476	333.8382	0.0000223
16184	1399144	1399144B	1399152	1399152A	0.924740	0.919555	333.8381	0.0000561
16202		1399322		1399331	0.882352	0.888944	332.0418	0.0001337
16201		1399314		1399322	0.888989	0.882352	332.0414	0.0000675
16199		1399306		1399314	0.895568	0.888989	332.0412	0.0000677
16198		1399292		1399306	0.911174	0.895568	332.0409	0.0001641
16196		1399284		1399292	0.914969	0.911174	332.0404	0.0000406
16195	1399195	1399195C		1399284	0.917404	0.914969	332.0402	0.0000262

Como se observa en la imagen anterior la línea 747428 presenta una sobre carga del 400%, en términos técnicos es imposible que por esa línea fluya potencia sin antes ocurrir una falla.

Como una posible solución es pasar este proyecto puntual a 34.5 kV o construir un doble circuito para suplir esta carga que al 2025 entraría en forma completa.

- ❖ **Zona Industrial.** Para la zona industrial determinada por el PBOT – 2003, destino un área de 20 hectáreas para el desarrollo de industria de alto y medio impacto, aplicando los índices de ocupación y construcción se obtuvo un área potenciable de 8 hectáreas, dicha área traducida a potencia está por encima de 8 MVA.

De igual manera que el anterior proyecto se enfocara en la cargabilidad de las líneas. En la imagen 49 se presenta la simulación.

Imagen 49. Listado de líneas y su cargabilidad en el circuito 41 503

rcuitos\41 503 :

Name	Terminal i StaCubic	Terminal i Busbar	Terminal j StaCubic	Terminal j Busbar	u, Magnitude Terminal i in p.u.	u, Magnitude Terminal j in p.u.	Loading %	Capacitive Loading Mvar
752539		2205700		9254676	0.922512	0.924492	240.8973	0.0000236
21210		2263220	2263289	2263289A	0.857183	0.855862	218.8937	0.0000149
21208		2263084		2263220	0.859557	0.857183	218.8903	0.0000269
21207		2261707		2263084	0.864718	0.859557	218.89	0.0000590
21206		2263271		2261707	0.876961	0.864718	218.8893	0.0001429
21205		2263254		2263271	0.884298	0.876961	218.8877	0.0000876
21204	2263246	2263246B		2263254	0.890535	0.884298	218.8867	0.0000756
20322	LA GRANJA	LA GRANJA	2208091	2208091A	1.	0.996020	212.3707	0.0000755
20323	2208091	2208091A	2208105	2208105A	0.996020	0.992273	211.5168	0.0000708
26622	2208105	2208105A	2495627	2495627C	0.992273	0.989103	210.4947	0.0000598
26623	2495627	2495627C	2208474	2208474A	0.989103	0.988849	197.4154	0.0000050
20357		2208504	4038738	4038738F	0.979236	0.975536	194.3261	0.0000735
20356		2208504		2208504	0.982239	0.979236	194.3255	0.0000601
20355		2208482		2208491	0.985171	0.982239	194.3251	0.0000590
20353	2208474	2208474A		2208482	0.988849	0.985171	194.3247	0.0000745
752525	2205726	2205726B		2205718	0.917957	0.918771	183.9223	0.0000143
752534		2205718		9099093	0.918771	0.920244	183.9222	0.0000260
752536		2205700		9099093	0.922512	0.920244	183.922	0.0000402
752581	2261511	2261511B		9254676	0.925686	0.924492	183.9214	0.0000213
752489		2205751	2263092	2263092A	0.914896	0.914360	183.2236	0.0000094
752488		2205742		2205751	0.916394	0.914896	183.2235	0.0000263
752502	2205726	2205726B		2205742	0.917957	0.916394	183.2233	0.0000275
20363	4038738	4038738F		2208598	0.975536	0.972638	178.9073	0.0000621
728387	4244834	4244834A	2208938	2208938B	0.960060	0.961572	178.3262	0.0000316
20401	2208920	2208920A	2208938	2208938A	0.961832	0.961572	178.3259	0.0000054
20400		2208911	2208920	2208920A	0.966588	0.961832	178.3259	0.0001003
20399		2208903		2208911	0.969923	0.966588	178.3252	0.0000709
20398		2208598		2208903	0.972638	0.969923	178.3247	0.0000580
20405		2208946	2208954	2208954A	0.957101	0.956379	177.4403	0.0000150
20402	4244834	4244834E		2208946	0.960019	0.957101	177.4402	0.0000612
743547	2092204	2092204A	2205572	2205572E	0.953793	0.951163	177.205	0.0000545
20408	2208954	2208954A	2092204	2092204A	0.956379	0.953793	177.2038	0.0000539
743545	2205572	2205572D	2205581	2205581C	0.951122	0.948582	167.0236	0.0000555
743552		2205599	2234335	2234335D	0.946554	0.944625	162.6243	0.0000429

Flexble Data / Scales / Basic Data / Load Flow / VDE/IEC Short-Circuit / Complete Short-Circuit / ANSI Short-Circuit / IEC 61363

De la imagen anterior la línea 752539 se sobrecarga 240% aproximadamente, de igual forma que la FCV, pasar la zona industrial a 34.5 kV o construir doble circuito para atender dicha zona.

6.4 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN CON PROYECTO PUNTUALES

En esta sección se tienen en cuenta los proyectos puntuales obtenidos a mediano y largo plazo exceptuando el proyecto FCV y ZONA INDUSTRIAL, por motivos explicados anteriormente.

En la sección de simulación sin proyectos puntuales, los circuitos 37 503, 41 501 y 41 502 son los circuitos que presentaron sobrecarga en las líneas y perfiles de tensión por debajo de lo permitido por la resolución.

Quedando tres proyectos puntuales, RIO DEL HATO, HIPINTO y GUATIGUARA, el proyecto RIO DEL HATO pertenece al circuito 41 502 que se simuló anteriormente dando como resultado líneas sobrecargadas y al incluir este proyecto puntual, las líneas del circuito continúan con la sobrecarga por tal motivo no es necesario volver a simular.

Para los planes parciales HIPINTO y GUATIGUARA pertenecen al circuito 41 503 el cual no presentan sobrecarga alguna, entonces para este circuito si es necesaria realizar una nueva simulación.

En la imagen 50, se observa la cargabilidad de las líneas.

Imagen 50. Listado de líneas y su cargabilidad del circuito 41 503 sin PP

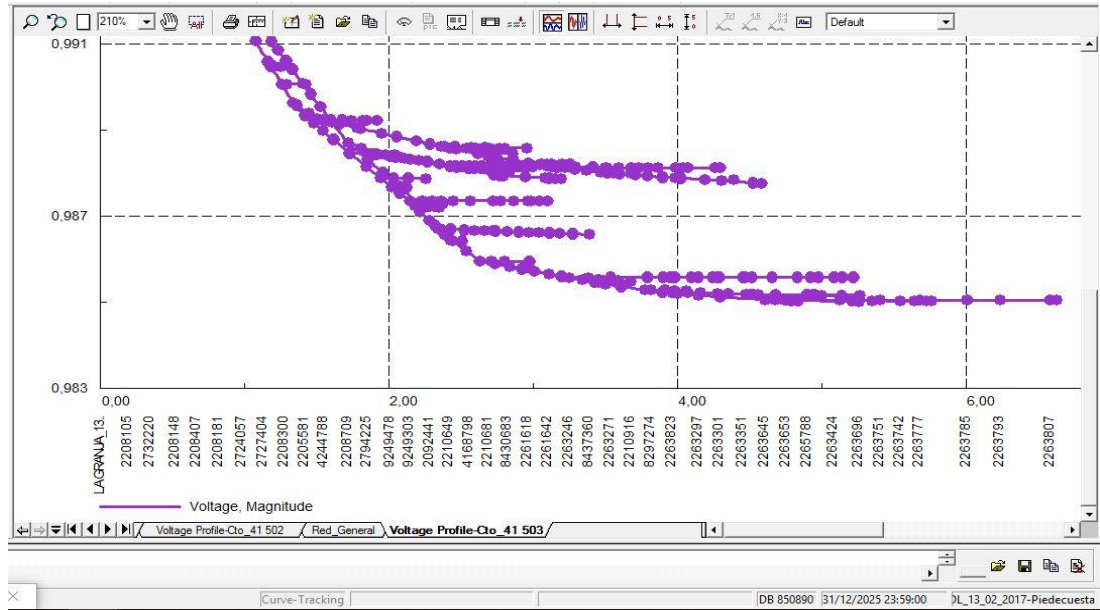
rcuitos\41 503 :

Name	Terminal i StaCubic	Terminal i Busbar	Terminal j StaCubic	Terminal j Busbar	u, Magnitude Terminal i in p.u.	u, Magnitude Terminal j in p.u.	Loading %	Capacitive Loading Mvar
20322	LA GRANJA_	LA GRANJA	2208091	2208091A	1.	0.998826	63.61005	0.0000757
20323	2208091	2208091A	2208105	2208105A	0.998826	0.997732	62.75854	0.0000714
26622	2208105	2208105A	2495627	2495627C	0.997732	0.996817	61.74142	0.0000606
26623	2495627	2495627C	2208474	2208474A	0.996817	0.996755	48.71434	0.0000051
20357	2208504	4038738	4038738	4038738F	0.994522	0.994522	45.64792	0.0000761
20356		2208491		2208504	0.995219	0.994522	45.64742	0.0000618
20355		2208482		2208491	0.995901	0.995219	45.64702	0.0000604
20353	2208474	2208474A		2208482	0.996755	0.995901	45.64662	0.0000759
20363	4038738	4038738F		2208598	0.993662	0.993173	30.5082	0.0000646
728387	4244834	4244834A	2208938	2208938B	0.991084	0.991335	29.93891	0.0000337
20401	2208920	2208920A	2208938	2208938A	0.991378	0.991335	29.93869	0.0000058
20400		2208911	2208920	2208920A	0.992168	0.991378	29.93865	0.0001061
20399		2208903		2208911	0.992722	0.992168	29.93796	0.0000745
20398		2208898		2208903	0.993173	0.992722	29.93746	0.0000607
20405		2208946	2208954	2208954A	0.990603	0.990486	29.08065	0.0000161
20402	4244834	4244834E		2208946	0.991077	0.990603	29.08055	0.0000654
743547	2092204	2092204A	2205572	2205572E	0.990069	0.989645	28.85341	0.0000589
20408	2208954	2208954A	2092204	2092204A	0.990486	0.990069	28.85221	0.0000579
708213	2724031	2724031A		2208610	0.992656	0.992905	21.86665	0.0000379
20365	4038738	4038738G		2208610	0.993658	0.992905	21.86627	0.0001145
708221		2727421	2208636	2208636A	0.990864	0.990620	21.01646	0.0000383
708230		2727421		2727412	0.990864	0.991073	21.01608	0.0000329
708199		2727412		2727404	0.991073	0.991348	21.01576	0.0000434
708200		2727404		2727129	0.991348	0.991673	21.01533	0.0000512
708202		2727129		2724111	0.991673	0.991936	21.01482	0.0000414
708204		2724111		2724103	0.991936	0.992167	21.01441	0.0000365
708206		2724103		2724090	0.992167	0.992403	21.01405	0.0000373
708208		2724090	2724031	2724031B	0.992403	0.992650	21.01368	0.0000389
20373		2208687	2208695	2208695A	0.989548	0.989198	20.50507	0.0000564
20372		2208679		2208687	0.989843	0.989548	20.50451	0.0000475
20371		2208652		2208679	0.990099	0.989843	20.50404	0.0000411
20370	2208644	2208644B		2208652	0.99042	0.990099	20.50363	0.0000517
20369	2208636	2208636B	2208644	2208644A	0.990615	0.99042	20.50312	0.0000314
752539		2205700		9254676	0.987097	0.987262	20.15335	0.0000269

ted | Drag & Drop

Con los proyectos puntuales GUATIGUARA y HIPINTO, son cargas puntuales que no afectan la cargabilidad de las líneas del circuito, a lo mucho se presentan sobrecargas por encima del 60%.

Imagen 51. Perfil de tensión 41 503 con proyectos puntuales



En la imagen 51, se observa que el circuito 41 503 incluyendo los proyectos puntuales cumple con las exigencias de la resolución CREG 025 del 1995.

7. CONCLUSIONES

En este trabajo de grado se realiza un diagnóstico de la red del SDL que sirve al municipio de Piedecuesta en el nivel de tensión II y que pertenece a la empresa ESSA epm. Para este diagnóstico, se toma como referencia lo estipulado en la resolución CREG 025 del 1995, en cuanto a la cargabilidad y los perfiles de tensión, con el fin de identificar los activos que presentarán deficiencias en el suministro de en relación con el aumento de la demanda de potencia eléctrica.

Al cuantificar el potencial de viviendas y áreas construibles del sector comercial, industrial y oficial, en el mediano y largo plazo; se tomó como base el PBOT y los planes parciales; al observarlos, se estimó con la ayuda de la herramienta Google Earth, que estos tienen un nivel de ejecución alto, debido a que el PBOT es del año 2003. Consecuencia de esto el potencial del territorio es poco para el horizonte de la planeación; Obteniendo que para finalizar el mediano plazo cinco de los ocho circuitos ya no cuentan con potencial para construir nuevas viviendas. Se recomienda corroborar el estudio realizado cuando se cuente con el nuevo PBOT.

Las comparaciones de los resultados de este estudio son congruentes con las decisiones que se han ido tomando en la ESSA epm., validando la metodología y los resultados obtenidos.

Al revisar la metodología propuesta (1) se encontró particularidades que al momento de implementarlas se volvían inviables, debido a las características propias de las áreas de estudio, en los cuales se tuvo que implementar una adaptación de la misma; para el caso del corto plazo, donde la proyección determinística sobrepasó la estadística, y se tuvo que realizar una comparación circuito a circuito.

Al entrar las cargas proyectadas en el horizonte de la planeación, la infraestructura actual presenta condiciones de operación no permitidas en la resolución CREG 025 de 1995 (cargabilidad y tensión); el circuito que mayor necesidad tiene es el 37 503, el cual desde el 2016 ya cuenta con unas series de líneas que no cumplen con la resolución en términos de cargabilidad y a partir del 2018 en perfiles de tensión, a diferencia del circuito 37 504 el cual para el 2025 su cargabilidad estará en tan solo 13.85%.

En el presente estudio se despreció el aumento de clientes por redensificación debido a la existencia de terrenos construibles cercanos al centro del municipio, es por esto que circuitos que alimentan zonas céntricas como San Cristóbal 4 tengan poco crecimiento.

Los proyectos puntuales tales como la Zona industrial y la FCV en las unidades de gestión 1, 2, 3; los cuales tienen una carga estipulada de 8.24 MVA y 12.6 MVA respectivamente, son proyectos de alto impacto, por los cuales se sugieren realizar otro estudio de la viabilidad de la creación de nuevos circuitos para alimentarlo.

REFERENCIAS

[1] Documento general proyección espacial de la demanda de potencia del área metropolitana de Bucaramanga – SDL de ESSA 2013 – 2028, Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín, 7 de octubre 2013.

[2] Estadística para negocios y economía, Anderson, 11ª Edición.

[3] Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) – 2003 incluyendo los planos urbanos y rurales del municipio, Suministrado de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta, división de suelos, Alberto Hernández encargado de la división, febrero 2017.

[4] Decreto No. 0041 de 2008, por el cual se adopta el Plan Zonal “HIPINTO”, Suministrado de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta, división de suelos, Alberto Hernández encargado de la división, febrero 2017.

[5] Decreto No. 136 de 2012, por medio del cual se adopta el plan parcial de desarrollo y expansión urbana denominado “TABLANCA” localizado en el valle de Guatiguará – Municipio de Piedecuesta, Suministrado de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta, división de suelos, Alberto Hernández encargado de la división, febrero 2017.

[6] Decreto No. 269 de 2011, por el cual se adopta el plan parcial de expansión urbana FCV – Complejo Medico Hospital Internacional de Colombia en el municipio de Piedecuesta, Suministrado de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta, división de suelos, Alberto Hernández encargado de la división, febrero 2017.

[7] Decreto No. 00118 de 2006, por el cual se adopta el plan zonal “GUATIGUARA”, Suministrado de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta, división de suelos, Alberto Hernández encargado de la división, febrero 2017.

[8] Decreto No. 00038 de 2006, por el cual se adopta el plan parcial “RIO DEL HATO”, Suministrado de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta, división de suelos, Alberto Hernández encargado de la división, febrero 2017.

[9] Acuerdo No. 007 de 2007, por el cual se adopta la primera revisión parcial del plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Piedecuesta, Suministrado de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta, división de suelos, Alberto Hernández encargado de la división, febrero 2017.

[10] Resolución No. 68547 – 0 – 07 – 0250 de 2007, por el medio de la cual se concede viabilidad para otorgar una licencia urbanística y se adopta la unidad de actuación urbanística “EL MOLINO”, Suministrado de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta, división de suelos, Alberto Hernández encargado de la división, febrero 2017.

[11] Decreto No. 0132 de 2006, por el cual se adopta el plan parcial “DISTRITO SUR”, Suministrado de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta, división de suelos, Alberto Hernández encargado de la división, febrero 2017.

[12] Decreto No. 0063 de 2006, por el cual se adopta el plan parcial de “BARROBLANCO”, Suministrado de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta, división de suelos, Alberto Hernández encargado de la división, febrero 2017.

[13] ERIKA JULIANA SUÁREZ O., «Vanguardia Liberal,» 09 enero 2015. [En línea]. Available:<http://www.vanguardia.com/informe-construccion/dinamismo-y-crecimiento/3649-piedecuesta-construye-su-cara-de-ciudad-edificadora//> [Último acceso: 06 octubre 2016]

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE PIEDECUESTA. Acuerdo No. 007 de 2007, por el cual se adopta la primera revisión parcial del plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Piedecuesta.

_____. Decreto No. 00038 de 2006, por el cual se adopta el plan parcial “RIO DEL HATO”.

_____. Decreto No. 00118 de 2006, por el cual se adopta el plan zonal “GUATIGUARA”, Suministrado de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta, división de suelos, Alberto Hernández encargado de la división, febrero 2017.

_____. Decreto No. 0041 de 2008, por el cual se adopta el Plan Zonal “HIPINTO”.

_____. Decreto No. 0063 de 2006, por el cual se adopta el plan parcial de “BARROBLANCO”.

_____. Decreto No. 0132 de 2006, por el cual se adopta el plan parcial “DISTRITO SUR”.

_____. Decreto No. 136 de 2012, por medio del cual se adopta el plan parcial de desarrollo y expansión urbana denominado “TABLANCA” localizado en el valle de Guatiguará – Municipio de Piedecuesta.

_____. Decreto No. 269 de 2011, por el cual se adopta el plan parcial de expansión urbana FCV – Complejo Medico Hospital Internacional de Colombia en el municipio de Piedecuesta.

_____. Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) 2003. Acuerdo 028 de Diciembre 18 de 2003. Disponible en: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/piedecuestasantanderplandeordenamientoterritorial2003.pdf>.

_____. Resolución No. 68547 – 0 – 07 – 0250 de 2007, por el medio de la cual se concede viabilidad para otorgar una licencia urbanística y se adopta la unidad de actuación urbanística “EL MOLINO”.

ERIKA JULIANA SUÁREZ O., «Vanguardia Liberal,» 09 enero 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/informe-construccion/dinamismo-y-crecimiento/3649-piedecuesta-construye-su-cara-de-ciudad-edificadora//> [Último acceso: 06 octubre 2016]

ESSA. Documento general proyección espacial de la demanda de potencia del área metropolitana de Bucaramanga – SDL de ESSA 2013 – 2028, Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín, 7 de octubre 2013.

SWEENEY WILLAMS, Anderson. Estadística para negocios y economía, Anderson. Cengage Learning. 11^a Edición.